

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA:**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERO MECÁNICO E INGENIERA MECÁNICA**

**TEMA:**  
**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MOTOCULTORA DE**  
**7HP PARA EL LABOREO DE SUELOS EN LA COMPAÑÍA ALQAMARI**  
**S.A, UBICADA EN LA JOYA DE LOS SACHAS PROVINCIA DE**  
**ORELLANA.**

**AUTORES:**  
**DIEGO ANDRES LARREA TELLO**  
**CRISTINA ELIZABETH TOLEDO CANO**

**TUTOR:**  
**HOMERO ANTONIO YANCHAPAXI ALMACHI**

**Quito, septiembre de 2020**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Nosotros, Diego Andres Larrea Tello, con documento de identificación N° 1726076902 y Cristina Elizabeth Toledo Cano, con documento de identificación N° 1104213861, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MOTOCULTORA DE 7HP PARA EL LABOREO DE SUELOS EN LA COMPAÑÍA ALQAMARI S.A, UBICADA EN LA JOYA DE LOS SACHAS PROVINCIA DE ORELLANA.”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinando en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Diego Andres Larrea Tello  
C.I. 1726076902



Cristina Elizabeth Toledo Cano  
C.I. 1104213861

Quito, septiembre del 2020.

## **CARTA DE DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MOTOCULTORA DE 7HP PARA EL LABOREO DE SUELOS EN LA COMPAÑÍA ALQAMARI S.A, UBICADA EN LA JOYA DE LOS SACHAS PROVINCIA DE ORELLANA” realizado por Diego Andres Larrea Tello y Cristina Elizabeth Toledo Cano, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.



Homero Antonio Yanchapaxi Almachi  
C.I. 1704227535

Quito, septiembre del 2020.

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto se lo dedico, primordialmente, a Dios por permitirme lograr los objetivos que me he planteado. A mi madre y madrina, Esterfilia Ordoñez, quienes creyeron en mí y han sido un soporte durante toda mi vida. A mis tíos maternos, quienes estuvieron siempre apoyándome y aconsejándome para que siga firme en el cumplimiento de mis metas. A mi abuelita, Balbina, por su amor y sus palabras de aliento. Finalmente, dedico este proyecto a mi abuelito, que, aunque ya no está conmigo, siempre compartió el sueño de verme convertida en una mujer profesional.

*Cristina*

Dedico este proyecto, principalmente, a Dios por brindarme la fe para seguir adelante, cada día. A mis hermanos Esteban y Cristina, quienes supieron darme su apoyo. A mi sobrino, Emiliano, para que nunca deje de luchar por alcanzar sus metas y propósitos. Finalmente, de manera especial y muy agradecido a mis padres Celina y Rodolfo, ya que con su amor, trabajo y sacrificio lograron que nunca me falte nada para alcanzar esta meta y convertirme en lo que soy.

*Diego*

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro especial reconocimiento a la Universidad Politécnica Salesiana y a sus colaboradores, que desinteresadamente nos supieron transmitir sus conocimientos éticos y profesionales para convertirnos en personas de bien. Queremos dar las gracias al Ingeniero Homero Yanchapaxi Almachi, quien durante todo este proceso cumplió la función de ser nuestro tutor. Fue la persona que nos guió, aconsejó y cedió parte de su tiempo para resolver todas nuestras dudas y así lograr culminar con éxito el proyecto. Asimismo, al Ingeniero Giovanny Mauricio Lucero por brindar tiempo a nuestro Trabajo de Titulación; además de su contribución, profesional, en nuestro análisis de costos; y, finalmente, a la Compañía Alqamari S.A. por darnos la confianza de trabajar en un proyecto que sea capaz de cubrir sus necesidades... Gracias a todo el apoyo de las personas mencionadas... Estamos gustosos de culminar esta gran etapa de nuestras vidas.

*Cristina y Diego*

## ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
CARTA DE DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
GLOSARIO.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Suelo.....	1
1.1.1. Composición .....	1
1.1.2. Dureza .....	1
1.1.3. Área de cultivo .....	3
1.2. Agricultura.....	3
1.2.1. Yuca .....	3
1.2.2. Plátano.....	4
1.2.3. Coco .....	5
1.2.4. Limón Tahití.....	6
1.3. Formas de realizar el laboreo .....	7
1.3.1. Tractores agrícolas .....	7
1.3.2. Motocultor.....	9
1.3.3. Laboreo manual.....	12
CAPÍTULO II .....	14
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....	14
2.1. Alternativas de diseño de una máquina agrícola .....	14

2.3. Forma de selección .....	15
2.4. Factor de ponderación .....	17
2.5. Resultados de Selección .....	17
CAPÍTULO III .....	19
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MOTOCULTOR.....	19
3.1. Diseño de la máquina .....	19
3.2. Cálculo de velocidades .....	21
3.2.1. Relación de velocidades .....	21
3.2.2. Cálculo del número necesario de dientes necesario para las catarinas ....	21
3.3. Cálculo de la transmisión de potencia .....	23
3.3.1. Potencia de diseño.....	24
3.3.2. Selección de cadena .....	25
3.3.3. Cálculo de diámetros de catarinas y piñones .....	25
3.3.4. Longitud necesaria de la cadena .....	26
3.3.5. Cálculo de la distancia teórica entre centros .....	27
3.4. Diseño del eje 1 .....	28
3.4.1. Velocidad de la cadena.....	28
3.4.2. Cálculo del esfuerzo total soportado por la cadena 1 .....	28
3.4.3. Torque .....	33
3.4.4. Diámetro mínimo requerido del eje .....	34
3.5. Diseño del eje 2 .....	36
3.5.1. Cálculo del esfuerzo total soportado por la cadena 2.....	36
3.5.2. Torque .....	40
3.5.3. Diámetro mínimo requerido del eje .....	41
3.6. Diseño del eje 3 .....	42
3.6.1. Cálculo del esfuerzo total soportado por la cadena 3.....	42
3.6.2. Diámetro mínimo requerido del eje .....	44
3.7. Selección de chumaceras.....	45
3.8. Fuerza en el rotavator .....	47
3.9. Diseño del chasis de la máquina.....	48
3.9.1. Análisis de elementos finitos en el chasis .....	48
3.10. Selección de las ruedas.....	51
3.11. Construcción del equipo .....	53
3.11.1. Descripción del proceso de construcción y ensamble.....	53

3.11.2. Especificación de la soldadura .....	56
3.11.3. Pruebas de campo.....	56
CAPÍTULO IV .....	59
ANÁLISIS DE COSTOS PARA LA FABRICACIÓN DEL MOTOCULTOR .....	59
4.1. Costos directos.....	59
4.1.1. Costo de materia prima .....	59
4.1.2. Costo de elementos normalizados.....	59
4.2. Costos indirectos .....	61
4.2.1. Costo de servicios .....	61
4.2.2. Costo de materiales consumibles .....	62
4.3. Costo total de la máquina .....	62
4.4. Análisis económico .....	63
4.4.1. Costos de contratar.....	63
4.4.2. Costos de funcionamiento.....	64
4.5. Beneficios del proyecto .....	66
4.5.1. Motocultor vs tractor agrícola.....	66
4.5.2. Motocultor vs el laboreo manual.....	67
4.6. Cálculo del VAN y el TIR para el escenario 1 (motocultor vs laboreo manual).....	69
4.7. Cálculo del VAN y el TIR para el escenario 2 (motocultor vs tractor agrícola).....	71
CONCLUSIONES .....	73
RECOMENDACIONES .....	75
REFERENCIAS .....	77
ANEXOS	



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción agropecuaria.....	xvii
Tabla 2. Valores de las pruebas de dureza obtenidas mediante pruebas del terrero de la compañía Alcamar S.A. ....	2
Tabla 3. Valores establecidos para calificación de los parámetros.....	15
Tabla 4. Categoría de costos con su respectiva interpretación.....	15
Tabla 5. Categoría de mantenimiento con su respectiva interpretación.....	16
Tabla 6. Categoría de facilidad de operación con su respectiva interpretación .....	16
Tabla 7. Categoría de rendimiento con su respectiva interpretación .....	16
Tabla 8. Categoría de versatilidad con su respectiva interpretación .....	17
Tabla 9. Valores asignados para el factor de ponderación.....	17
Tabla 10. Selección de alternativas.....	18
Tabla 11. Tabla de rpm con respecto a las marchas.....	20
Tabla 12. Datos necesarios para diseñar la transmisión de potencia .....	24
Tabla 13. Coeficientes de labranza referenciales.....	48
Tabla 14. Detalle de los pesos de cada elemento de la máquina.....	51
Tabla 15. Capacidad de la máquina .....	58
Tabla 16. Costos de materia prima.....	59
Tabla 17. Costos de elementos normalizados .....	60
Tabla 18. Costos totales directos.....	61
Tabla 19. Costo de servicios .....	61
Tabla 20. Costos de materiales consumibles.....	62
Tabla 21. Costos totales indirectos.....	62
Tabla 22. Costo total de la máquina.....	62
Tabla 23. Costo de contratar laboreo manual.....	63
Tabla 24. Costo de contratar laboreo con tractor agrícola .....	64
Tabla 25. Costo de contratar laboreo con motocultor .....	64
Tabla 26. Costo de operación de laboreo manual .....	64
Tabla 27. Costo de operación de laboreo con tractor agrícola.....	65
Tabla 28. Costo de operación con motocultor .....	65
Tabla 29. Beneficios netos del motocultor vs tractor agrícola.....	67
Tabla 30. Beneficios netos del motocultor vs el laboreo manual .....	69
Tabla 31. Valor presente neto en los 4 periodos .....	70
Tabla 32. Tabla de decisión con respecto a la tasa de rentabilidad inmediata.....	71

Tabla 33. Valor presente neto en los 4 periodos .....	71
Tabla 34. Tabla de decisión con respecto a la tasa de rentabilidad inmediata.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del Cantón La Joya de los Sachas [1].....	xvi
Figura 2. Esquema del pico de pruebas de dureza .....	2
Figura 3. Plantas de yuca [21].....	3
Figura 4. Plantación de plátano en Ecuador,.....	4
Figura 5. Palma de coco [26] .....	5
Figura 6. Árbol de Limón Pérsico de 6 meses de edad [29] .....	6
Figura 7. Cultivador accionado por tractor [34] .....	8
Figura 8. Motocultor [40].....	9
Figura 9. Motocultor con rotocultor [34] .....	10
Figura 10. Azada de mano [37].....	12
Figura 11. Bosquejo de la máquina motocultora .....	19
Figura 12. Medición de rpm mediante un tacómetro mecánico.....	20
Figura 13. Distribución del sistema de transmisión por cadena. ....	22
Figura 14. Distribución de fuerzas y Torque .....	28
Figura 15. Triangulo que se forma entre la cadena 1 y la horizontal.....	30
Figura 16. Diagrama de cuerpo libre del eje 1 .....	31
Figura 17. Diagrama de fuerza cortante, plano X-Y eje 1 .....	32
Figura 18. Diagrama de Momento máximo, plano X-Y eje 1 .....	32
Figura 19. Diagrama de fuerza cortante, plano X-Z eje 1.....	32
Figura 20. Diagrama de Momento máximo, plano X-Z eje 1 .....	33
Figura 21. Diagrama de Momento torsor en el eje 1 .....	33
Figura 22. Triangulo que se forma entre la cadena 2 y la horizontal.....	37
Figura 23. Diagrama de cuerpo libres del eje 2 .....	38
Figura 24. Diagrama de fuerza cortante, plano X-Y eje 2 .....	38
Figura 25. Diagrama de Momento máximo, plano X-Y eje 2 .....	39
Figura 26. Diagrama de fuerza cortante, plano X-Z eje 2.....	39
Figura 27. Diagrama de Momento máximo, plano X-Z eje 2.....	40
Figura 28. Diagrama de Momento torsor en el eje 2 .....	40
Figura 29. Diagrama de cuerpo libre del eje 3 .....	43
Figura 30. Diagrama de fuerza cortante, plano X-Y eje 3 .....	43
Figura 31. Diagrama de Momento máximo, plano X-Y eje 3 .....	43
Figura 32. Diagrama de Momento torsor en el eje 3 .....	44
Figura 33. Diagrama de cuerpo libre del chasis .....	49

Figura 34. Análisis de elementos finitos en el chasis, desplazamiento.....	49
Figura 35. Análisis de elementos finitos en el chasis .....	50
Figura 36. Boceto de la ubicación de los neumáticos .....	52
Figura 37. Modelado 3D de la rueda.....	52
Figura 38. Operación de corte.....	53
Figura 39. Ensamble de elementos .....	54
Figura 40. Operaciones tecnológicas: (a) Corte; (b) Esmerilado .....	55
Figura 41. Instalación de elementos.....	55
Figura 42. Primera prueba de campo .....	56
Figura 43. Segunda prueba de campo .....	57

## GLOSARIO

- **Azada:** Es un apero para el laboreo formado por una lámina o pala de metal con filo cortante en un extremo y un anillo por el que se encaja en un mango largo de madera con el que forma un ángulo agudo; se emplea para cavar tierras ya roturadas, etc. [1]
- **Desbroce:** Radica en eliminar de las zonas designadas todos los árboles, plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basura o cualquier otro material indeseable [2].
- **Fascículo foliar:** Es un grupo de hojas o flores, agrupadas desde una base común [3].
- **Herbácea:** Más conocida como la hierba, angiosperma que no produce tejido leñoso [4].
- **Laboreo:** Es la operación agrícola que se aplica antes de la siembra, puede ser llevada a cabo con maquinaria o manualmente, consiste en el corte parcial de algunos centímetros del suelo.
- **Monoica:** Es el vegetal que tiene tanto flores masculinas como femeninas en la misma planta [5].
- **Motocultor:** Es una máquina que se utiliza para la labor superficial del suelo, además de controlar la maleza que se pueda generar en el terreno.
- **Nivel freático:** Es el lugar exacto de los puntos donde la presión del agua es igual a la presión atmosférica, es decir, es el lugar de los niveles alcanzados por el agua subterránea en pozos de observación [6].
- **Ojo chino:** Trata de una perforación en el material para regular un objeto que ha de ser montado en el mismo.

- **Planta Perenne:** Son las plantas que viven más de dos años. Las hierbas vivaces que se encuentran en el entorno silvestre constituyen un ejemplo de planta perenne [7].
- **Relantí:** Número mínimo de revoluciones por minuto de un motor sin accionar el acelerador y no está encajada a marcha [7].
- **Rizoma:** Es un tallo subterráneo se distingue radicalmente de las raíces y de las raicillas [8].
- **Rotavator:** Conjunto de instrumentos y demás objetos necesarios para practicar el laboreo [7].
- **Tripuntual:** Es el sistema más básico y común de amarre de aperos al tractor, como su nombre lo indica un amarre de tres puntos [9].

## **RESUMEN**

El presente proyecto de diseño y construcción de una máquina motocultora destinada a los Socios de la Compañía Alqamari S.A., surgió de la falta de uso de tecnologías en el laboreo que se realiza dentro de la agricultura en los terrenos pertenecientes a la Compañía, tal necesidad se reflejó luego de una reunión en el Cantón la Joya de los Sachas junto a la Presidenta de la Cía. Por tal razón, se decidió diseñar y construir un prototipo que realice laboreo de suelos accionado por un motor de combustión interna, que cumpla con todos los requerimientos que se presentaron.

Para dimensionar el equipo, se tomó como base la distancia que existe entre cultivos, por lo que se eligió, un ancho de trabajo de no más de cuarenta centímetros. Además, este equipo debía ser capaz de cumplir con una fuerza mínima, la cual se determinó mediante ensayos de campo realizados en suelos que comprende los terrenos de la Cía.

Posteriormente, se ejecutaron cálculos para el diseño y selección de elementos necesarios en la construcción de la máquina. Los mismos que se verificaron con ayuda de software CAD. Además, se efectuaron pruebas de campo para evaluar su funcionamiento.

Finalmente, se estudiaron todos los costos que incurren en la construcción de la máquina, y se realizó un análisis financiero, para determinar la rentabilidad del proyecto.

Palabras clave: laboreo, cultivos, compañía, motocultor, fuerza

## **ABSTRACT**

The present project of design and construction of a motor-cultivating machine for the Members of the Company Alqamari SA, arose from the lack of use of technologies in the tillage that is carried out within agriculture on the lands belonging to the company, such a need reflected after a meeting in the Cantón La Joya de los Sachas with the President of the Cía. For this reason, it was decided to design and build a prototype to carry out soil tillage powered by an internal combustion engine, which meets all the requirements that were purchased.

To size the equipment, the distance between crops was taken as a basis, so a working width of no more than forty centimeters was chosen. In addition, this equipment must be able to comply with a minimum force, which is determined by field tests carried out on soils that comprise the Cía.

Subsequently, calculations were carried out for the design and selection of elements necessary in the construction of the machine. The same ones that are verified with the help of CAD software. In addition, field tests will be carried out to evaluate its operation.

Finally, all the costs incurred in the construction of the machine were studied, and a financial analysis was carried out to determine the profitability of the project.

Keywords: tillage, crops, company, rototiller, force



## INTRODUCCIÓN

La compañía fue creada por 5 socios el 01 de febrero del 2012, Alqamari S.A. tenía como principal objetivo dedicarse al turismo, implantado así en su terreno rural una hostería. Esto no se dio debido a la falta de capital. Es por esto que ahora los socios se dedican al cultivo y siembra de limón Tahití, limón sutil, coco, guanábana, naranja, yuca, malanga, entre otros. Los terrenos de Alqamari S.A. están ubicados en la Provincia de Orellana específicamente en el Cantón La joya de los sachas.

Este Cantón se encuentra situado al noroeste de la Provincia de Orellana, es la segunda ciudad más grande de la misma, por tanto, se convierte en el eje comercial y económico entre las poblaciones de El Coca y Lago Agrio [10].



**Figura 1.** Ubicación geográfica del Cantón La Joya de los Sachas [1]

La Joya de los Sachas se fundó el 9 de agosto de 1988, por lo cual se celebran sus fiestas populares del 3 al 9 de agosto, en estas fechas la mayoría de sus habitantes y turistas forman parte de grandes desfiles, conciertos y bailes que ofrece el Cantón [11].

El Cantón Joya de Los Sachas está conformado por 9 parroquias, 8 de las cuales son rurales y una, la cabecera cantonal es urbana. La Parroquia urbana es La Joya de Los Sachas, mientras que las rurales son: San Sebastián del Coca, Pompeya, Enokanqui, San Carlos, Unión Milagreña, Lago San Pedro, Rumipamba y Tres de Noviembre [12].

En la Parroquia Enokanqui están ubicados los terrenos de la Compañía Alqamari S.A. en donde se realizará el laboreo con la máquina motocultora.

La producción agropecuaria es la segunda más importante, después del petróleo en la Joya de los Sachas, debido a la gran cantidad de mano de obra local que dispone [13], ya que según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), cerca del 70% de la población reside en el área rural y su primera fuente de ingresos proviene de esta actividad, aunque la mayoría se destina a autoconsumo de la población también se realizan cultivos para comercializarlos [14].

A continuación, se presenta en la Tabla 1, los cultivos predominantes en el Cantón, mostrados en hectáreas cultivadas, para lograr contextualizar dichos datos se separan por tipo, perenne o transitorio, los dos tipos hacen referencia a cultivos de productos agrícolas que se destinan a la alimentación humana, animal, o para materias primas usadas en la industria. Los de tipo perenne tienen un prolongado período de producción, el cual permite cosechas durante varios años, sin necesidad de ser sembrados después de cada cosecha. A diferencia de estos, los cultivos transitorios son productos que se caracterizan por un ciclo de producción menor a un año, llegando incluso a ser de unos pocos meses [15].

**Tabla 1.** Producción agropecuaria

<b>Producto</b>	<b>Tipo</b>	<b>Producción en hectáreas (ha)</b>
Plátano	Perenne	1.360
Maíz	Transitorio	9.284
Cacao	Perenne	12.002
Arroz	Transitorio	562
Café	Perenne	7.162
Yuca	Transitorio	776
Frutales	Perenne	60
Palma africana	Perenne	6.863

Producción agropecuaria en el Cantón la Joya de los Sachas

Fuente: Actualización del PDyOT Municipal GADMFO2014-2019 [14]

Tal y como se puede observar en la Tabla 1, queda claro que el producto perenne con más producción en superficie agropecuaria es el cacao, con 12002 hectáreas, siguiéndole la palma africana y el café con 6863 y 7162 hectáreas, respectivamente.

Siguen los cultivos transitorios o de corto plazo, siendo el más producido el maíz con 9284 hectáreas [14].

El tipo de trabajo que utiliza, actualmente, la Compañía Alqamari S.A. para remover el suelo es el laboreo tradicional, que consiste en la remoción de la tierra, con arados a una profundidad máxima de 20 cm antes de proceder a la siembra [16]. Actualmente, la Compañía alquila maquinaria agrícola para preparar el suelo, sin embargo, son los empleados de esta quienes se encargan de realizar el laboreo que se necesita alrededor cada planta posterior a la siembra.

En la actualidad, el laboreo que requiere la tierra para ser preparado antes de sembrar tiene altos costos, ya que es necesario maquinaria con personal calificado que debe ser alquilada. Para los sembríos que tiene la Compañía Alqamari S.A. se requiere, cada cierto tiempo laborar la tierra en diferentes áreas, según sea la necesidad específica de cada plantación, debido a que no se tiene un sólo tipo de plantas. Según el testimonio oral de la presidenta de la compañía el laboreo que se utiliza posterior a la siembra es realizado por dos empleados. Este proceso es totalmente manual, porque requiere un tiempo de un día por hectárea aproximadamente.

Es por esto que los socios de la compañía ya mencionada tienen un gran interés en reducir costos de la preparación de la tierra agrícola. Debido a estos hechos y pensando en el progreso de la compañía se plantea como una opción válida la construcción de una máquina agrícola de aproximadamente 40 cm de ancho, que sea de fácil manejo. Este equipo permitirá que se optimice el proceso de preparación de la tierra, se disminuyan costos y se reduzca en un 50% el número de personas que se contraten al día. Para el manejo del motocultor, se requiere de una persona y no es necesario la participación de personal calificado, debido a que este tipo de máquinas son sencillas de operar.

El objetivo general consiste en diseñar y construir de una máquina motocultora de 7 Hp para laboreo de tierras, en el Cantón la Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.

Los objetivos específicos son:

- Identificar la problemática del laboreo de la tierra en el territorio de Alqamari S.A.
- Analizar la dureza de la tierra e identificar alternativas para diseñar el motocultor.
- Diseñar y simular los componentes de la alternativa seleccionada con materiales de la industria nacional y ensamblar.
- Evaluar mediante pruebas de campo y validar parámetros de diseño para establecer la capacidad real.
- Establecer indicadores financieros de rentabilidad del proyecto.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Suelo

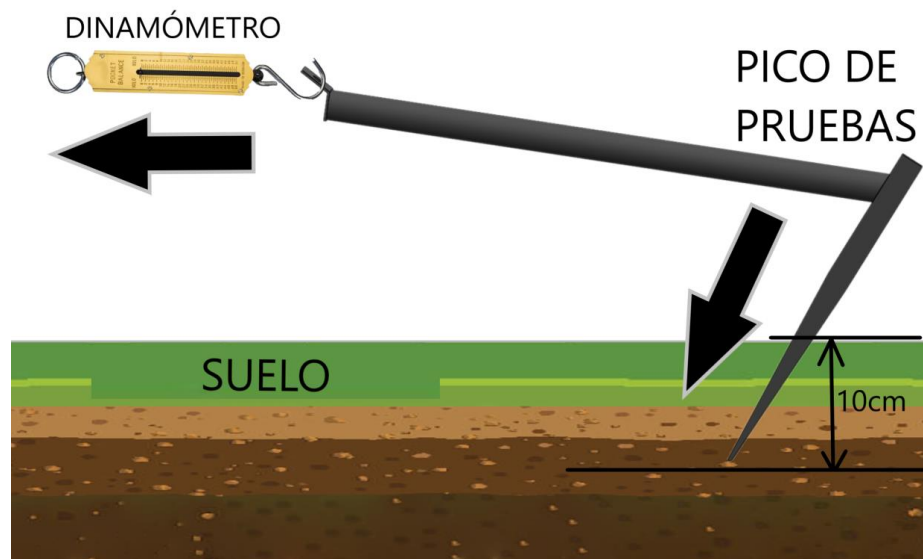
##### 1.1.1. Composición

En base al análisis efectuado mediante muestras de tierra tomadas del suelo perteneciente a la Compañía Alqamari S.A. y llevada a los laboratorios de suelos y ensayos de materiales de la Universidad Politécnica Salesiana, con el objetivo de conocer la composición del suelo, se ha determinado que el suelo de esta compañía está compuesto de *Arena limosa, con raicillas, color café*, la muestra obtuvo un contenido de agua de 28,82 %. Además, su clasificación es: arena de 58 %, granos finos de 42 %. Además, utilizando un hidrómetro No 151 H se obtuvo que la tierra tiene un 4% de agentes dispersantes  $(Na PO_3)_6$ . Este tipo de suelo es predominante en la Parroquia de Enokanqui. (Ver Anexo 1 y 2)

##### 1.1.2. Dureza

La dureza se puede definir como, la resistencia que se opone a la deformación del suelo permanente, pudiendo ser superficial por rayado o penetración [17].

Para verificar la dureza del suelo se realizaron 6 ensayos de fuerza, mediante un pico de pruebas, cuyo esquema consta en la Figura 2. El cual fue insertado en el suelo a una profundidad de 10 cm con un espesor de la herramienta de 2 mm, el cual no permitió acumulación de tierra, provisto de un dinamómetro en su extremo, para así evidenciar la fuerza mínima necesaria para romper una capa superficial del suelo. Los valores de fuerza se muestran en la Tabla 2, dichos ensayos se realizaron en varios sectores del terreno rural de la compañía, donde se propone el funcionamiento del motocultor.



**Figura 2.** Esquema del pico de pruebas de dureza.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

**Tabla 2.** Valores de las pruebas de dureza obtenidas mediante pruebas del terrero de la Compañía Alqamari S.A.

Número de prueba	Profundidad (cm)	Fuerza necesaria para el laboreo (N)	Tipo de suelo
1	10	160.14	Arado
2	10	106.76	Arado
3	10	124.55	Arado
4	10	142.34	Arado
5	10	124.55	Arado
6	10	266.89	Sin arar

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Según los datos mostrados en la Tabla 2, el suelo que no adquirió arado requiere de 266.89 N para remover 10 cm de profundidad, siendo la que necesita de mayor fuerza. Mientras, que el suelo que fue arado requiere de máximo 160.14 N. Se puede constatar mediante los datos, que la máquina a elegir deberá ser capaz de obtener un mínimo de 267 N de fuerza. Es necesario mencionar que esta es la fuerza mínima que deberá ejercer una sola fresa para realizar el trabajo.

### 1.1.3. Área de cultivo

El espacio dispuesto y destinado para la producción de cultivos por la Compañía Alqamari S.A se encuentra comprendido dentro de las siguientes dimensiones: NORTE. - 533,131 metros; SUR. - 527,625 metros; ESTE. - 248,802 metros; OESTE. - 239,225 metros; resultando una superficie de 10 hectáreas.

## 1.2. Agricultura

Es el arte de cultivar la tierra mediante la transformación del medio ambiente natural para tener un mejorado crecimiento de las siembras, basado en el conjunto de acciones naturales o humanas para el tratamiento del suelo y cultivo de vegetales, habitualmente con fines alimenticios [18].

A continuación, se detalla las condiciones de las diferentes plantas que se cultivan dentro de los terrenos de la Compañía Alqamari S.A.

### 1.2.1. Yuca

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) ver Figura 3, es una planta perenne y leñosa de la familia de las Euphorbiaceae. Se cultiva desde una altura cercana al nivel del mar, hasta los 1620 metros de altitud [19].



**Figura 3.** Plantas de yuca [20]

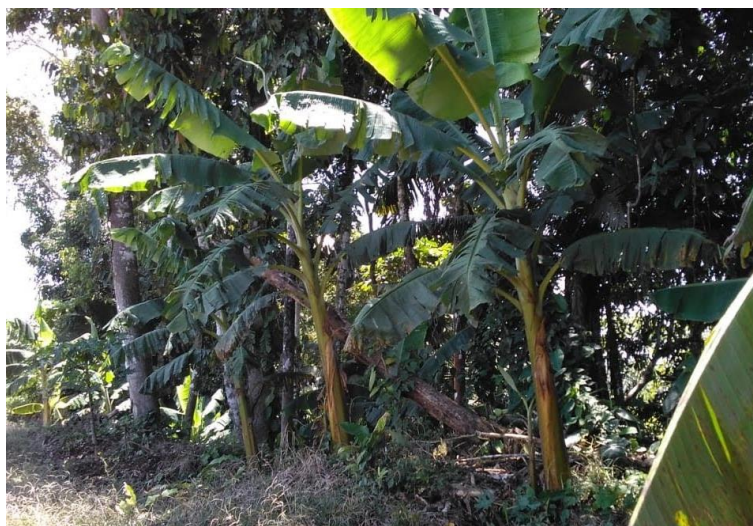
Estas plantas se pueden agrupar en función de su altura en: bajos (hasta 1,50 m), intermedios (1,50-2,50 m) y altos (más de 2,5 m). Su raíz está compuesta de: corteza externa que corresponde 0,5-2,0% del total de la raíz, la corteza media 9-15% del total

de la raíz, la corteza interna y el cilindro central [21]. El rendimiento de raíces por planta suele ser de 1-3 kg, pudiendo llegar en óptimas condiciones hasta 5-10 kg/planta. Por lo general, la profundidad de la raíz de la yuca es de aproximadamente 60 cm [22].

Para la siembra de la yuca, se necesita de 2 pases de labranza, cada 2 o 3 meses, uno ligero y uno pesado, utilizando el arado de cincel rígido o vibratorio, de una máquina agrícola, lo que conlleva a solucionar los problemas de compactación y sellado, que suelen afectar la tierra. Se debe realizar el laboreo a una profundidad de 5 hasta 6 cm y las plantas deben ser sembradas a una distancia de 0,80 m [23].

### 1.2.2. Plátano

La planta de plátano (*Musa x paradisiaca* L) es de la familia Musaceae, es una herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo extenso, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3,5-7,5 m de altura, terminado en una corona de hojas como se muestra en la Figura 4 [21].



**Figura 4.** Plantación de plátano en Ecuador.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Este tipo de plantas posee raíces superficiales que se distribuyen en una capa de 30 a 40 cm de profundidad. Tienen una longitud que puede llegar a alcanzar 2,5 hasta 3 m de crecimiento lateral. Su diámetro varía entre 5 y 8 mm aproximadamente [21].



El cultivo del plátano es propicio en tierras donde se practica la labranza mínima o cero labranzas. Sin embargo, cuando exista disponibilidad de maquinaria agrícola, se pueden dar dos pases de labranza y de rastrillado cada 5 meses [24]. La distancia de siembra mínima es de 2,6 x 2,6 m. Para retirar las malas hierbas se requiere de máquinas agrícolas que realicen el laboreo de un máximo de 20 cm de profundidad, en donde se concentra mayor parte la raíz de esta planta [24].

### 1.2.3. Coco

El coco (*Cocos nucífera* L) proviene de la familia *Palmae*, es una palmera monoica de tronco único, con frecuencia inclinada, de 10 a 20 metros de altura, de 50 centímetros de grosor en la base y estrechándose hacia la parte superior. En la corona de la palmera presenta un grupo de hojas que protegen el único punto de crecimiento que posee la planta como se muestra en la Figura 5 [21].



**Figura 5.** Palma de coco [25]

El sistema de raíces del coco es fasciculado. Para la fijación de la planta y absorción de agua la planta usa las raíces primarias. Para la extracción de nutrientes las encargadas son las raíces terciarias (que se derivan de las secundarias). Las raíces activas se localizan en un radio de 2 metros del tronco, a una profundidad entre los 0.2 hasta 0.8 metros, dependiendo de la profundidad efectiva del suelo y de la profundidad del nivel freático [26].

Los suelos aptos para el cultivo del coco son aquellos con texturas livianas (de francos a arenosos), aluviales, con profundidad de más de 1 metro, con una capa freática superficial de 1 a 2 metros de profundidad libre de malas hierbas [26, 21]. Para sembrar estas plantas se requiere, una distancia mínima de 7.5 m entre plantas y así obtener un cultivo uniforme. Se debe realizar el laboreo con ayuda de máquinas agrícolas a profundidades de 8 hasta 12 cm, en un periodo de 4 veces al año [27].

#### **1.2.4. Limón Tahití**

La planta de limón (citrus limon) proviene de la familia Rutaceae, es considerado un híbrido entre lima mexicana (*Citrus aurantifolia* Swingle) y la sidra (*Citrus medica* limón), puesto que las flores no contienen granos de polen u óvulos viables.

Tiene abundantes ramas o un arbusto arborescente, alcanza una altura de 6 a 7 m y un diámetro de 5 a 6 m. Su tronco es corto y sus ramas crecen en varias direcciones además poseen espinas duras como se muestra en la Figura 6 [21, 28].



**Figura 6.** Árbol de Limón Pérsico de 6 meses de edad [28]

Desde la base del tronco las raíces crecen en todas direcciones; razón por la cual se desarrolla sin problemas en suelos donde otros cultivos no logran extraer suficientes nutrientes. La raíz principal puede localizarse de 1 a 1,5 metros de profundidad en el suelo. Por esto, el suelo debe tener más de 1,5 metros de profundidad antes de la mesa de agua o nivel freático del suelo [29].

Para la separación de malas hierbas que contenga el suelo y ventilar las capas de superficie, se debe laborar en un período de 3 a 4 veces al año, con maquinaria agrícola de tipo medio; también es necesario preparar la tierra incorporando fertilizantes o materia orgánica y así mantener el suelo con un cubrimiento vegetal por el resto del año [21]. Para este tipo de plantación se debe dar 1 o 2 pases de labranza con profundidad de 10 cm [30].

### **1.3. Formas de realizar el laboreo**

#### **1.3.1. Tractores agrícolas**

El tractor agrícola como comúnmente se lo conoce, se lo define como la máquina automotriz capaz de remolcar, accionar y arrastrar otra máquina, actualmente es la herramienta más usada para la agricultura convirtiéndose en un símbolo de esta. Habitualmente están provistos de una serie de actuadores o brazos conectados en la parte posterior denominado enganche tripuntal, el cual eleva o baja la herramienta que se le conecte [31].

##### ***1.3.1.1. Utilización del tractor agrícola***

Este tipo de máquinas tienen como finalidad, descompactar la capa superficial a fin de crear un cuerpo poroso que sea apto para acumular el agua de lluvia, así como, permitir el desarrollo de las raíces en plantas que se van a sembrar [32]. Además, logra trabajar el suelo aun cuando exista una gran cantidad de residuos superficiales [32].

Trabajan a profundidades mayores a 20 cm y el ancho de la máquina varía según la necesidad del trabajo, las cuales van desde un mínimo 2 a 7 m, en la cual para lograrse es posible requerir de dos pases [33]. Son máquinas que realizan trabajo bastante pesado por lo que son de gran tamaño como se muestra en la Figura 7.



**Figura 7.** Cultivador accionado por tractor [33]

Esta máquina tiene como propósito mezclar los residuos del cultivo anterior con la tierra y cortar de raíz las malas hierbas, con esto se consigue oxigenar y fertilizar el suelo para la siembra posterior [34]. Cada elemento que posee el tractor requiere de una potencia de 30 hp. Puede abarcar anchos de trabajo de mínimo 0,5 m por cada pase [32].

Algunos tractores poseen discos tipo aperos que giran en sentido contrario al de las ruedas del tractor, con velocidad de 100 a 150 revoluciones por minuto, cuando se trata de equipos accionados y aperos que trabajan por rozamiento. Los aperos accionados mantienen una separación entre brazos que varía entre 1,5 y 2,5 m, mientras que en los no accionados la separación media es 1 m [32].

El consumo de combustible depende de la potencia de cada tractor, uno de los más grandes es el tractor agrícola de 112 hp, que tiene un consumo promedio de 28 litros por hora [35]. El valor de los tractores agrícolas en el mercado ecuatoriano varía entre los 10.000 y 32.000 dólares dependiendo de las características de cada máquina [36]. Mediante la información descrita con anterioridad, se evaluará las ventajas y las desventajas de utilizar un tractor agrícola.

#### ***1.3.1.2. Ventajas del tractor agrícola***

- Optimización de tiempos de trabajo debido a que estos pueden llegar a una velocidad máxima de 10 km/ h mientras realiza el laboreo [32].
- Necesita un menor número de pasadas con respecto a otras formas de laboreo de suelos [32].
- Puede trabajar en los terrenos pedregosos [32].

- Aumenta la productividad [37].
- Reduce la mano de obra [37].
- Posee gran variedad de usos [37].

#### ***1.3.1.3. Desventajas del tractor agrícola***

- Aumenta el daño progresivamente, haciendo que el suelo se compacte, esto debido al peso y vibración que le produce la máquina al suelo [32].
- Consigue agregar, parcialmente, malas hierbas que quedan atrapadas en los brazos de la máquina y así crear problemas de rebrote [32].
- Incurre un alto costo de mantenimiento.
- Posee un consumo excesivo de combustible.
- Requiere personal capacitado para su manejo.
- No es efectivo en suelos de plantas arbóreas, debido a su gran tamaño.

#### **1.3.2. Motocultor**

Posee similitud al tractor agrícola, el motocultor como se muestra en la Figura 8, cumple con las mismas funciones que un tractor agrícola, como es el trabajo del suelo, por lo que su diseño viene condicionado para conseguir mejores prestaciones en esta operación, habitualmente, realizada mediante azadas rotativas integradas en el apero conocido como "*rotocultor*", las cuales se logran con el uso de diferentes accesorios [38].



**Figura 8.** Motocultor [39]

### ***1.3.2.1. Utilización del motocultor***

Los motocultores son máquinas apropiadas para la agricultura minifundista (pequeñas explotaciones), Se utiliza en laboreo superficial del suelo [40]. Permite cubrir con eficacia, áreas de hasta 1500 metros cuadrados, para el laboreo a baja profundidad de no más de 20 cm, es necesario conocer acerca de la cantidad de fresas que serán utilizadas según el terreno, generalmente pueden ser de 4-6 fresas con espesores de 2 a 4 mm, las mismas son un accesorio muy común en esta máquina, también a este conjunto de fresas se le llama rotovator. En la Figura 9 se puede observar un motocultor con rotovator, que son las azadas rotativas que removerán la tierra y la mezclarán con la maleza, para así descompactar y oxigenar el suelo, el ancho de trabajo puede variar entre 40 a 120 cm, además, dependerán del número de fresas y de la potencia del motocultor [41].



**Figura 9.** Motocultor con rotocultor [33]

El manejo del motocultor resulta sencillo. El operario debe situarse detrás de la máquina sujetar las manceras y, una vez puesta en marcha la máquina, avanza hacia delante realizando la labor agrícola deseada. Estos equipos, por lo general, no superan una potencia de 20 hp [42, 43]. Lo más frecuente es que posean motores a diésel de cuatro tiempos, con potencias de 10 a 20 hp y una cilindrada entre 250 y algo más de 500 cc, con un régimen de funcionamiento máximo entre 3000 y 3800 rev/min. Los motocultores con potencias menores a 10 hp utilizan motores a gasolina [38].



El consumo de combustible depende de la potencia de cada motocultor. Un motocultor con una potencia de 8,4 hp consume 2.4 litros de combustible por hora [44]. En el mercado ecuatoriano se pueden encontrar máquinas motocultoras de baja, media y alta potencia, los cuales bordean los 700-900 dólares para gamas bajas, entre 900 a 1.500 dólares para gamas medias, y entre 1.800 a 2.500 dólares para gamas de alta potencia, cabe señalar que estos precios pueden variar según el distribuidor [36].

Con toda la información descrita con anterioridad, se evaluará las ventajas y desventajas de utilizar un motocultor.

#### ***1.3.2.2. Ventajas del motocultor***

- Son muy prácticos, debido a sus dimensiones y la simpleza de su estructura, hace que sus diversas labores sean más fáciles y rápidas [39].
- Consigue trabajar con menos esfuerzo en lugares extensos y obteniendo un óptimo acabado [39].
- Son ideales para trabajos de tiempo prolongado, debido a que son máquinas ligeras y resistentes [39].
- Son máquinas muy versátiles, ya que se puede realizar otras actividades para el arreglo del terreno como romper, esponjar, abonar, sembrar y regar, con simplemente agregar una variedad de herramientas o aperos agrícolas [39].
- Esta máquina es una alternativa económica debido al bajo consumo de combustible.
- No requiere personal capacitado.
- Su mantenimiento es fácil de realizar y tiene un costo asequible.

#### ***1.3.2.3. Desventajas del motocultor***

- No cubre con eficacia áreas superiores a los 2000 metros cuadrados.
- Estas máquinas poseen fresas que suelen levantar piedras pequeñas que pueden dañar al operador por lo que se debe diseñar un sistema de protección o seguridad [39].
- Con frecuencia en las fresas de los motocultores se suele enroscar malezas más altas, para desatascarlas se deben retirar manualmente con el motor apagado [39].
- No es recomendable utilizar este tipo de máquinas en terrenos pedregosos.

### **1.3.3. Laboreo manual**

Para la preparación del suelo de forma manual, la azada (ver Figura 10) es la herramienta utilizada normalmente en la agricultura desde tiempos prehistóricos. Está formada por una lámina con el borde frontal cortante relativamente afilado y un mango para sujetarla. Se utiliza, básicamente, para cavar y remover tierras previamente roturadas o blandas, aunque usada con habilidad también se utiliza para desbrozar [1].

Una azada común puede tener una altura con su mango hasta de 1 m. Sus áreas de trabajo mediante el laboreo manual pueden abarcar un ancho de 15 a 30 cm, con profundidades de hasta 20 cm. Pero depende de los fabricantes de cada azada tales dimensiones.



**Figura 10.** Azada de mano [36]

#### ***1.3.3.1. Utilización de laboreo manual***

El laboreo manual se utiliza para favorecer el crecimiento y desarrollo de los cultivos con ayuda de pequeñas herramientas que con su filo que se introduce en el suelo para ararlo superficialmente y si está bien afilada permitirá obtener un resultado similar a la acción de un corte limpio de las malas hierbas [45].

Dicha técnica se manejaba por la carencia de tecnificación y tecnología. De manera que su producción era escasa y se limitaba para el propio consumo del agricultor, las herramientas básicas de esta labor eran la hoz, la azada o la pala. En la actualidad, las personas que mantienen una agricultura similar siguen consiguiendo resultados



parecidos, debido a la exclusiva dependencia de las capacidades físicas de los trabajadores [46].

Se estima que la mano de obra mensual de una familia compuesta de 4 equivalentes/hombre, es de 614 horas. La cantidad de mano de obra por hectárea, al trabajar sin animales, suele bordear las 1080 horas. Estas cifras indican que cuando no se emplean maquinaria o animales, la mano de obra familiar es el factor que determina la superficie de laboreo posible, la cual no excede los 1000 m<sup>2</sup> [47].

El costo de las herramientas que ayudan en el trabajo para realizar laboreo manual varía entre los 4 y 40 dólares.

#### ***1.3.3.2. Ventajas del laboreo manual***

- Mayor maniobrabilidad, debido a que esta labor se hace a mano con herramientas pequeñas para manejarse entre las plantas sin dañarlas o con aperos de mano adaptados a esta función [45].
- Está forma de laboreo es una opción muy económica ya que se ocupan pocas herramientas.
- Se puede elegir la profundidad del laboreo de acuerdo a cada necesidad.
- El mantenimiento de las herramientas es sencillo.
- Resulta funcional en pequeños huertos o jardinería.

#### ***1.3.3.3. Desventajas del laboreo manual***

- Depende totalmente de la fuerza del obrero.
- Resulta poco eficiente en grandes áreas de cultivo.
- La eliminación de malas hierbas no es total.
- Se deben realizar demasiados pases de labranza debido a la corta longitud de trabajo de las herramientas [48]

## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

#### **2.1. Alternativas de diseño de una máquina agrícola**

El estudio de alternativas para la construcción de una máquina agrícola tiene el propósito de analizar mediante cinco parámetros, las tres formas de realizar el laboreo que han sido descritas en el capítulo anterior. Las mismas que serán evaluadas en una escala de 1 a 4. Su descripción se puede ver en la Tabla 3.

#### **2.2. Parámetros para evaluar**

Se considerará los siguientes parámetros para la elección de alternativas:

- Costos
- Facilidad de mantenimiento
- Facilidad de operación
- Rendimiento
- Versatilidad

##### **a) Costos**

Es un parámetro muy significativo, puesto que el costo de elaboración de la máquina debe ser el más bajo posible, sin minimizar la calidad de los materiales que sirvan para la fabricación de la máquina.

##### **b) Mantenimiento**

En este parámetro se analizará la facilidad de mantenimiento, el cual debe ser simple para cualquier operador, debido a que la compañía no cuenta con personal calificado para el mantenimiento de máquinas. Además, se tomará en cuenta que el costo no sea elevado.

##### **c) Facilidad de operación**

Este parámetro hace referencia a que la máquina debe ser de sencilla operación y no requiera una elevada capacitación para su funcionamiento.

**d) Rendimiento**

Se refiere al área de trabajo que la máquina realiza en un determinado periodo de tiempo.

**e) Versatilidad**

Este término hace referencia a las diferentes actividades de laboreo que puede realizar la máquina para cultivar.

**2.3. Forma de selección**

En la Tabla 3 se muestran las escalas con sus respectivas categorías en donde:

**Tabla 3.** Valores establecidos para calificación de los parámetros

Valor	Descripción
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

**a) Costos**

**Tabla 4.** Categoría de costos con su respectiva interpretación

Descripción	Interpretación
Malo	Para la ejecución de la máquina los costos son muy altos
Regular	Para la ejecución de la máquina los costos son altos
Bueno	Para la ejecución de la máquina los costos son asequibles
Muy bueno	Para la ejecución de la máquina los costos son bajos

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

## b) Mantenimiento

**Tabla 5.** Categoría de mantenimiento con su respectiva interpretación

Descripción	Interpretación
Malo	Su mantenimiento es complejo y requiere de muy alto costo
Regular	Su mantenimiento es complejo y requiere de un alto costo
Bueno	Su mantenimiento es simple y el costo es asequible
Muy bueno	Su mantenimiento es simple y tiene bajo costo

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

## c) Facilidad de operación

**Tabla 6.** Categoría de facilidad de operación con su respectiva interpretación

Descripción	Interpretación
Malo	Necesita de personal técnico y calificado para operar la máquina
Regular	Se necesita de experiencia para la operación de la máquina
Bueno	Necesita de instrucciones para operar la máquina
Muy bueno	No necesita de personal calificado para operar la máquina.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

## d) Rendimiento

**Tabla 7.** Categoría de rendimiento con su respectiva interpretación

Descripción	Interpretación
Malo	Rinde pequeñas áreas de terreno
Regular	Tiene la capacidad de trabajar en medianas áreas de terreno
Bueno	Tiene la capacidad de trabajar en grandes áreas de terreno
Muy bueno	Tiene la capacidad de trabajar en extensas áreas de terreno

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

#### e) Versatilidad

**Tabla 8.** Categoría de versatilidad con su respectiva interpretación

Descripción	Interpretación
Malo	Es específicamente para una sola actividad agrícola
Regular	Puede tener máximo dos actividades agrícolas
Bueno	Tiene varias actividades agrícolas
Muy bueno	Cuenta con un sin número de actividades agrícolas.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

#### 2.4. Factor de ponderación

En la Tabla 9 se muestra un factor de ponderación, el cual indicará la importancia de cada alternativa, tomando en cuenta que se evaluará en una escala del 1 al 3, siendo 3 el valor de más importancia según favorezca a la Compañía Alqamari S.A.

**Tabla 9.** Valores asignados para el factor de ponderación

Parámetros	Factor de ponderación
Costos	3
Facilidad de mantenimiento	2
Facilidad de operación	3
Rendimiento	2
Versatilidad	1

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

#### 2.5. Resultados de Selección

Después de analizar cada uno de los parámetros indicados con anterioridad, se presenta en la Tabla 10 el puntaje total para la selección de la alternativa que más se adecua para realizar el proyecto.

**Tabla 10.** Selección de alternativas

PARÁMETROS		ALTERNATIVAS					
	FACTOR DE PONDERACIÓN	Alternativa 1: Tractor agrícola		Alternativa 2: Motocultor		Alternativa 3: Laboreo manual	
Costos	3	1	3	3	9	3	9
Facilidad de mantenimiento	2	1	2	3	6	3	6
Facilidad de operación	3	2	6	3	9	3	9
Rendimiento	2	4	8	3	6	1	2
Versatilidad	1	4	4	4	4	1	1
<b>TOTAL</b>		23		34		27	
<b>PORCENTAJE</b>		52%		77%		61%	

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Como se muestra en la Tabla 10 y mediante los porcentajes obtenidos de cada alternativa, se puede verificar que la alternativa 2 que corresponde al motocultor, se muestra por encima de las demás alternativas con un valor de 77%. Es por ello que el tipo de laboreo que más se adapta a solucionar las problemáticas que presenta la Compañía Alqamari S.A. es el motocultor.

### CAPÍTULO III

## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MOTOCULTOR

### 3.1. Diseño de la máquina

Luego de realizar el estudio de alternativas y elegida la mejor opción para llevar acabo el laboreo, es necesario proponer un modelo de motocultor y diseñar los elementos que se detallan en la Figura 11.



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Cadena	nº 40, paso 1/2"	4
2	Catarina	Z=50, paso 1/2"	2
3	Piñon	Z=17, paso 1/2"	5
4	Eje	AISI 4340	3
5	Chasis	Tubo cuadrado 40x40x2	1
6	Manubrio	Tubo redondo 1", e=2mm	1

**Figura 11.** Bosquejo de la máquina motocultora.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Para el motocultor se adaptará un conjunto de motor, caja y embrague de una moto marca Thunder motor 1 el cual fue conseguido a bajo costo de una moto accidentada. El motor es de 250cc de 4 tiempos, de 5 velocidades, refrigerado por aire. Mediante un tacómetro mecánico se tomó las revoluciones en el eje de salida de la caja de cambios, como se muestran en la Figura 12.



**Figura 12.** Medición de rpm mediante un tacómetro mecánico.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

En la Tabla 11 se muestra los valores medidos en la primera y segunda marchas que son las revoluciones en relanti y en aceleración al 90 % en las que funcionará el motor.

**Tabla 11.** Tabla de rpm con respecto a las marchas

Marcha	rpm relanti	rpm acelerado 90%
1	250	500
2	500	1150

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo.

De la Tabla 11, se obtiene un valor promedio de 700 rpm, este será el valor que se usará en los respectivos cálculos, debido a que es recomendable que la maquina trabaje en una aceleración promedio entre el relanti y un 90 % de aceleración. Para este diseño se propone reducir los 700 rpm a un rango de 70 a 80 rpm a la salida de los aperos ya que este tipo de máquinas agrícolas trabajan, normalmente, a estas revoluciones.



### 3.2. Cálculo de velocidades

#### 3.2.1. Relación de velocidades

Para determinar la relación de velocidades deseadas se usará la Ecuación (1).

$$i = \frac{n_m}{n} \quad (1)$$

Donde:

$i$ , es la relación de velocidades.

$n$ , es las revoluciones de salida o las deseadas.

$n_m$ , es las revoluciones de eje de motor.

$$i = \frac{700 \text{ rpm}}{70 \text{ rpm}}$$
$$i = 10$$

Siendo la relación un valor de 10 se deberán emplear dos o más etapas de reducción para obtener la relación deseada, ya que como indica Mott [49] la relación de velocidades no debe ser mayor a 7. Por ende, se seleccionó dos etapas de reducción para conseguir la velocidad de salida deseada, siendo  $i = 3$ .

#### 3.2.2. Cálculo del número necesario de dientes necesario para las catarinas

La fórmula para determinar el número de dientes de la Catarina, está dada por la relación de transmisión mostrada en la Ecuación (2). De acuerdo con Mott [49] la cantidad mínima de dientes en un piñón debe ser 17 a menos que la aplicación funcione a velocidades menores a 100 rpm. Por tanto, se eligió un piñón con 17 dientes, es decir,  $z_1 = 17$ .

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{n_m}{n} \quad (2)$$

$$\therefore z_2 = z_1 * i$$

Donde:

$z_1$ , es en número de dientes del piñón

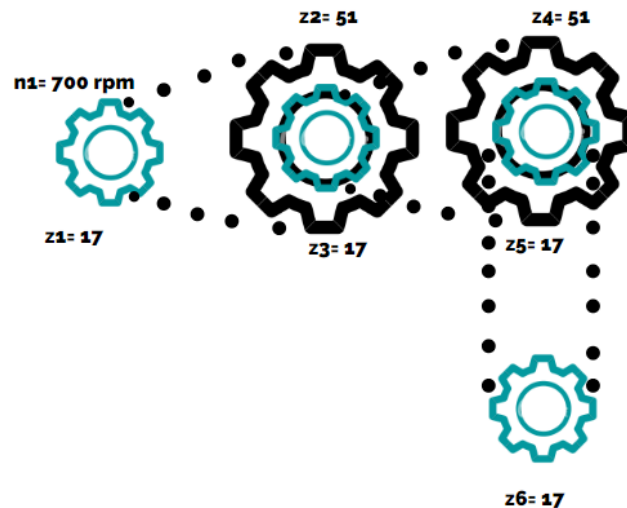
$z_2$ , es en número de dientes para la Catarina

$$z_2 = 17 * 3$$

$$z_2 = 51$$

### 3.2.3. Verificación de las velocidades a la salida de la máquina motocultora por etapas

Antes de comprobar los rpm que hay a la salida de la máquina, se debe visualizar mediante la Figura 13 la disposición de cada mecanismo con su respectivo número de dientes.



**Figura 13.** Distribución del sistema de transmisión por cadena.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Para verificar los rpm a la salida por cada eje se debe despejar la Ecuación (2).

$$n_m \cdot z_1 = n_1 \cdot z_2$$

Donde:

$n_1$ , es las revoluciones por minuto en el primer eje

$$700 \text{ rpm} \cdot 17 = n_1 \cdot 51$$

$$n_1 = 233,33 \text{ rpm}$$

$$\therefore n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$$

Donde:

$n_2$ , es las revoluciones por minuto en el segundo eje

$$233,33 \text{ rpm} \cdot 17 = n_2 \cdot 51$$

$$n_2 = 77,77 \text{ rpm}$$

Debido a que los piñones son iguales en todos los ejes, las revoluciones en el tercer eje son iguales a los 77,77 rpm.

$$\therefore n_3 = 77,77 \text{ rpm}$$

Por tanto, las revoluciones por minuto a la salida de la máquina se reducirán de 700 a 77.7 rpm, que es un valor que se encuentra dentro del rango de funcionamiento requerido.

### 3.3. Cálculo de la transmisión de potencia

El diseño de la cadena parte desde la potencia, las revoluciones del motor, y las revoluciones deseadas a la salida del rotovator. La obtención de la potencia del motor se la calcula a partir de la Ecuación (3).

$$P_t = \frac{T * n_m}{\frac{60}{2\pi}} \quad (3)$$

Donde:

$P_t$ , es la potencia de transmitida por el motor [W].

$T$ , es el torque máximo del motor [N.m].

$$P_t = \frac{22,9 \text{ N.m} * 700 \text{ rpm}}{\frac{60}{2\pi}}$$

$$P_t = 1678,65 \text{ W ó } 2,25\text{hp}$$

El torque del motor fue obtenido mediante un catálogo con un valor máximo de 22,9 [N.m].

Para el diseño de la transmisión de potencia son necesario los datos que se reflejan en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Datos necesarios para diseñar la transmisión de potencia

PARÁMETRO	VALOR
POTENCIA DEL MOTOR	2.25 HP
REVOLUCIONES DE ENTRADA	700 rpm
REVOLUCIONES DESEADAS	70 - 80 rpm

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo.

### 3.3.1. Potencia de diseño

Para determinar esta potencia, se requiere factores de diseño que posee la Ecuación (4).

$$P_d = k_1 * k_2 * P_t \quad (4)$$

Donde:

$P_d$ , Potencia de diseño

$k_1$ , Factor de diseño de la cadena [50]

$k_2$ , Factor de servicio para transmisión por cadena [51]

$$\therefore P_d = 1.2 * 1.7 * 2.25 \text{ hp}$$

$$P_d = 4,6 \text{ hp } \text{ ó } 3724,08 \text{ W}$$

El valor de  $k_1$  se toma del Anexo 3, se tiene en cuenta el número de dientes del piñón, que acuerdo con Mott [49] la cantidad mínima de dientes en un piñón debe ser 17, a menos que la aplicación funcione a velocidades menores a 100 rpm. En efecto, con un número de dientes igual a 17, el factor de diseño es de ( $k_1 = 1.2$ ). El factor  $k_2$ , se tomó del Anexo 4. Este coeficiente tiene en cuenta el tipo de motor que en este caso es a transmisión mecánica y el tipo de cargas a las que se encontrará sometida la máquina, en este caso la carga es a golpes, por tanto ( $k_2 = 1.7$ ).

Si bien el motor en la segunda marcha alcanza un máximo de 1150 rpm como se muestra en la Tabla 11, y que a 1060 rpm obtiene una potencia de diseño de 6.94 hp, no se tomarán esos valores para realizar cálculos de diseño, debido a que normalmente la máquina trabajará a 700 rpm generando 4.6 hp de potencia de diseño siendo estos los valores con los que se realizarán los cálculos de diseño.

### 3.3.2. Selección de cadena

Para seleccionar un tamaño de cadena adecuado a las cargas de funcionamiento de la máquina a diseñar es necesario conocer dos variables adicionales a la potencia de diseño tal y como se refleja en el Anexo 5 las cuales son, número de dientes del piñón que transmite la potencia y las revoluciones a las que estará sometido dicho piñón.

Se seleccionó mediante la tabla de cadena simple de rodillos número 40 mostrada en el anexo 5, una cadena de simple hilera que corresponde a un paso de cadena o (pitch) de 0,5 plg, el cual soporta una potencia de diseño de 5,16 hp a 700 rpm en un piñón de 17 dientes, con lubricación tipo B asignada a la lubricación en baño o con disco [49].

### 3.3.3. Cálculo de diámetros de catarinas y piñones

Las Ecuaciones (5) y (6) muestran fórmulas para el cálculo de los diámetros de los piñones y catarinas requeridas.

$$\phi_p = \frac{pitch}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z_1}\right)} \quad (5)$$

Donde:

$\phi_p$ , diámetro de paso del piñón [plg]

$$\phi_p = \frac{0.5 \, plg}{\sin\left(\frac{180^\circ}{17}\right)}$$

$$\phi_p = 2,72 \, plg$$

$$\phi_c = \frac{pitch}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z_2}\right)} \quad (6)$$

Donde:

$\phi_c$ , Diámetro de paso de la Catarina [plg]

$$\phi_c = \frac{0.5 \, plg}{\sin\left(\frac{180^\circ}{51}\right)}$$

$$\phi_c = 8,12 \, plg$$

### 3.3.4. Longitud necesaria de la cadena

Mediante la Ecuación (7) se calcula la longitud requerida de la cadena.

$$L = 2C + \frac{z_2 + z_1}{2} + \frac{(z_2 - z_1)^2}{4\pi^2 C} \quad (7)$$

Donde:

$L$ , es la longitud necesaria de la cadena [plg]

$C$ , es la distancia nominal entre centros [pasos]

$$L = 2(30) + \frac{51 + 17}{2} + \frac{(51 - 17)^2}{4\pi^2(30)}$$

$$L = 94,98 \text{ Pasos}$$

El valor de la distancia nominal entre centros varía entre 30 a 50 pasos de cadena. Por efecto, se toma un valor mínimo de 30 pasos que es el valor que requiere esta aplicación [49]. Para transformar a pulgadas el valor obtenido se debe multiplicar por el número de paso de la cadena.

$$L = 94.98 \text{ Pasos} = 94.98 * 0,5 \text{ plg} = 47,49 \text{ plg}$$

### 3.3.5. Cálculo de la distancia teórica entre centros

La Ecuación (8) permite calcular la distancia teórica que habrá entre centros.

$$D = \frac{1}{4} \left[ L - \frac{z_2 + z_1}{2} + \sqrt{\left[ L - \frac{z_2 + z_1}{2} \right]^2 - \frac{8(z_2 - z_1)^2}{4\pi^2}} \right] \quad (8)$$

Donde:

$D$ , es la distancia teórica entre centros [pasos]

$$D = \frac{1}{4} \left[ 94 - \frac{51 + 17}{2} + \sqrt{\left[ 94 - \frac{51 + 17}{2} \right]^2 - \frac{8(51 - 17)^2}{4\pi^2}} \right]$$

$$D = 94,98 \text{ Pasos} = 94,98 * 0,5 \text{ plg} = 16,93 \text{ plg}$$

En conclusión, para la transmisión de potencia se seleccionó una cadena que resiste una potencia 5,16 hp y en vista que el valor se encuentra por encima de la potencia de diseño calculada de 2,25 hp, cumple ampliamente con la capacidad a la que será sometida. Además, es necesario 1 m de cadena por cada etapa, por tanto, es necesario adquirir 4 m de longitud total.

### 3.4. Diseño del eje 1

En este apartado se calculará el diámetro mínimo requerido para soportar las cargas que ejercen las catarinas, piñones y cadenas sobre el eje 1.

#### 3.4.1. Velocidad de la cadena

A partir de la Ecuación (9) se obtiene el valor de la velocidad lineal de la cadena.

$$V = \frac{\phi p * \pi * n_m}{60} \quad (9)$$

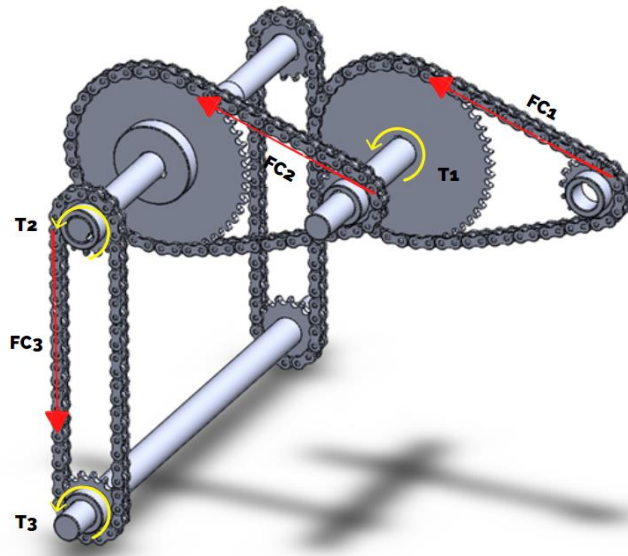
Donde:

$V$ , es la velocidad de la cadena [m/s]

$$V = \frac{0.0691 \text{ m} * \pi * 700 \text{ rpm}}{60}$$
$$V = 2,53 \text{ m/s}$$

#### 3.4.2. Cálculo del esfuerzo total soportado por la cadena 1

En la Figura 14, se muestra la distribución de fuerzas y torques, en las dos etapas de reducción de la máquina.



**Figura 14.** Distribución de fuerzas y Torque  
Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo



Para determinar el esfuerzo total que es soportado por la cadena que está accionada por el motor se tiene dos componentes que son:

**a. Fuerza centrífuga**

Esta fuerza centrífuga de la cadena viene determinada por la siguiente Ecuación:

$$F_e = m * V^2 \quad (10)$$

Donde:

$F_e$ , es la fuerza centrífuga [N]

$m$ , es la masa de la cadena [kg/m]

$$F_e = 0.6 \frac{kg}{m} * \left( 2.5323 \frac{m}{s} \right)^2$$

$$F_e = 3,85 \text{ N}$$

**b. Tracción efectiva de cadena o carga de tracción**

Es el segundo componente para calcular el esfuerzo total de la cadena, está dado por la Ecuación (11).

$$F_t = \frac{P_d}{V} \quad (11)$$

Donde:

$F_t$ , es la tracción efectiva de cadena [N]

$$F_t = \frac{3724,08 \text{ W}}{2,53 \text{ m/s}}$$

$$F_t = 1470,40 \text{ N}$$

Por tanto, el esfuerzo total que soporta la cadena 1 mostrada en la Ecuación (12) será:

$$F_{C1} = F_e + F_t \quad (12)$$

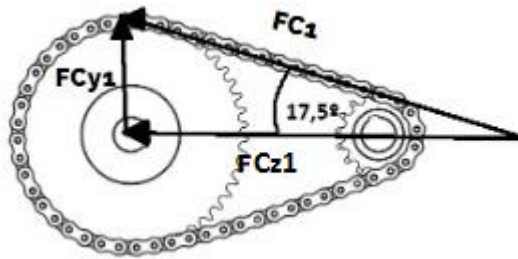
Donde:

$F_{C1}$ , es el esfuerzo total que soporta la cadena 1 [N]

$$F_{C1} = 3,85 \text{ N} + 1470,40 \text{ N}$$

$$F_{C1} = 1474,31 \text{ N}$$

Se debe descomponer la fuerza  $F_{C1}$ , debido al ángulo de  $17,5^\circ$  que se forma entre la horizontal y la cadena 1 como se muestra en la Figura 15.



**Figura 15.** Triangulo que se forma entre la cadena 1 y la horizontal.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Esta fuerza se descompone en  $F_{Cy1}$  y  $F_{Cz1}$  que mediante la Ecuaciones (13) y (14) respectivamente, se determina su valor.

$$\sin \theta = \frac{F_{Cy1}}{F_{C1}} \quad (13)$$

Donde:

$F_{Cy1}$ , es el componente en el eje “Y” del esfuerzo total que soporta la cadena 1 [N]

$\theta$ , es el ángulo que se forma en entre la cadena y la horizontal.

$$\therefore F_{Cy1} = (\sin 17.5) \times 1474,31 \text{ N}$$

$$FC_{y1} = 443,3 \text{ N}$$

$$\cos \theta = \frac{FC_{z1}}{FC_1} \quad (14)$$

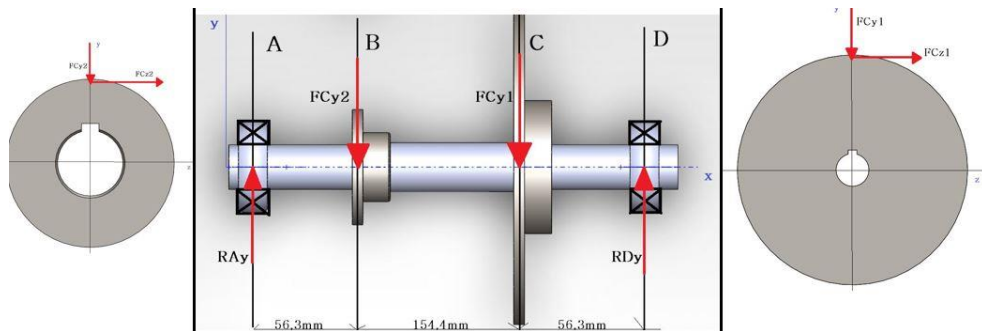
Donde:

$FC_{z1}$ , es el componente en el eje “Z” del esfuerzo total que soporta la cadena 1 [N]

$$\therefore FC_{z1} = (\cos 17,5) \times 1474,3 \text{ N}$$

$$FC_{z1} = 1406 \text{ N}$$

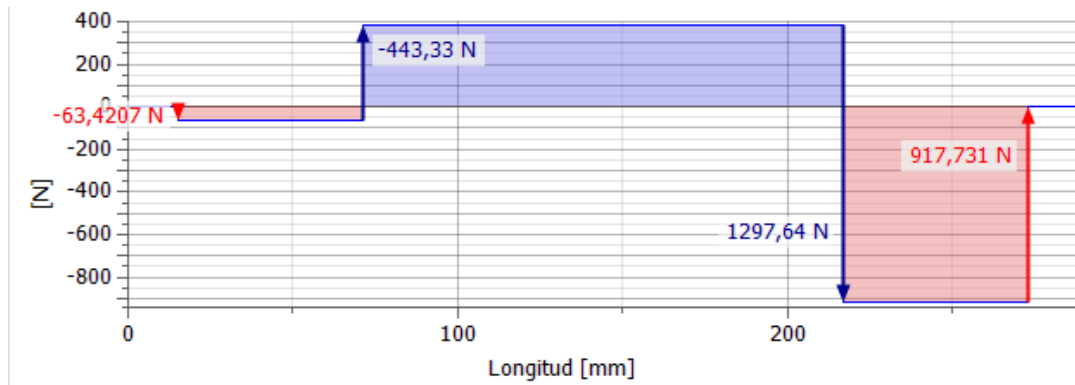
A continuación, se llevará a cabo los diagramas de fuerzas y momentos del eje 1 mediante el software Autodesk Inventor Profesional 2019, para ello, se realizó un diagrama de cuerpo libre que se muestra en la Figura 16.



**Figura 16.** Diagrama de cuerpo libre del eje 1.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

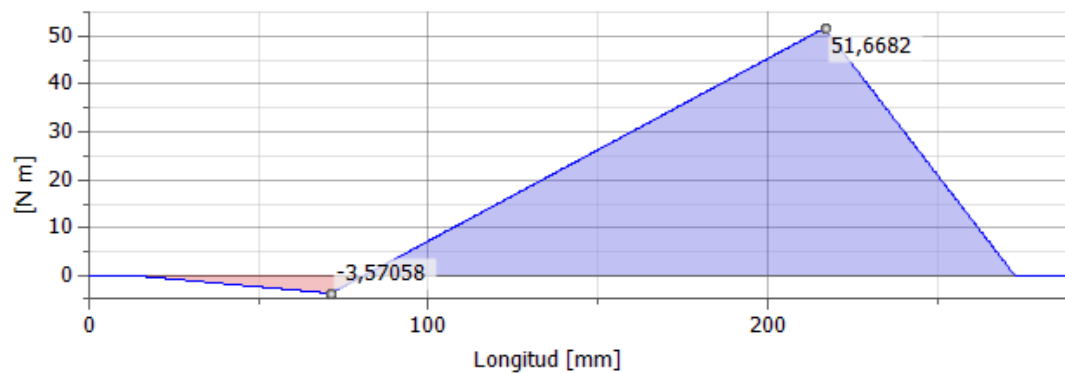
En la Figura 17 se muestra el diagrama de fuerza cortante del eje 1 en el plano X-Y.



**Figura 17.** Diagrama de fuerza cortante, plano X-Y eje 1.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

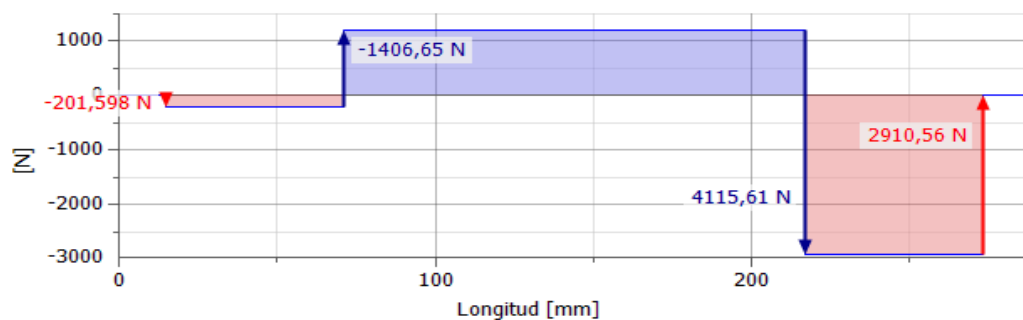
En la Figura 18 se muestra el diagrama de momento, donde se puede observar el valor del momento máximo que es el punto crítico para analizar en el plano X-Y del eje 1.



**Figura 18.** Diagrama de Momento máximo, plano X-Y eje 1.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo.

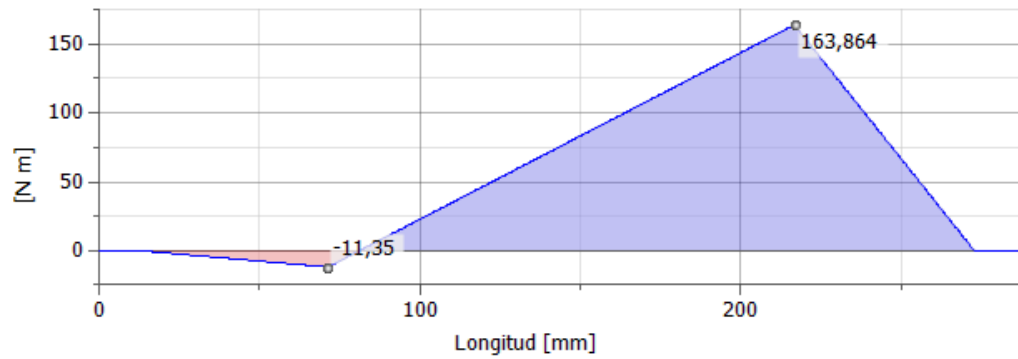
En la Figura 19 se muestra el diagrama de fuerza cortante del eje 1 en el plano X-Z.



**Figura 19.** Diagrama de fuerza cortante, plano X-Z eje 1.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

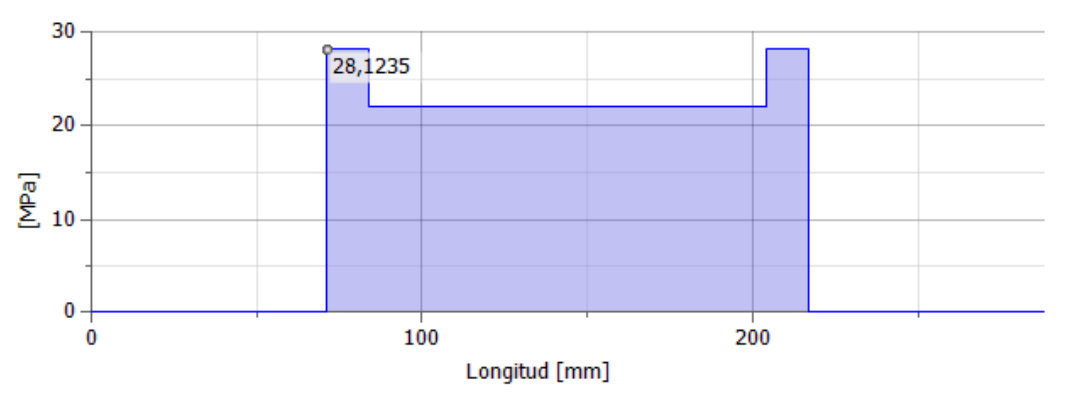
En la Figura 20 se presenta el diagrama de momento donde se puede observar el valor del momento máximo que es el punto crítico para analizar en el plano X-Z del eje 1.



**Figura 20.** Diagrama de Momento máximo, plano X-Z eje 1.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Mediante la Figura 21, se muestra el diagrama de momento torsor en el eje 1.



**Figura 21.** Diagrama de Momento torsor en el eje 1.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

### 3.4.3. Torque

Para el cálculo del torque que se genera en el eje 1 como se muestra en la Figura 14, se considera la Ecuación (15).

$$T_1 = F_{C1} * r_c \quad (15)$$

Donde:

$T_1$ , es el torque en el eje 1 [ $N \cdot m$ ]

$r_c$ , es el radio de la catarina [ $m$ ]

$$T_1 = 1474,3 \text{ N} \cdot 0,101 \text{ m}$$

$$T_1 = 149 \text{ N} \cdot m$$

#### 3.4.4. Diámetro mínimo requerido del eje

Antes de ejecutar cálculo del diámetro es necesario tener el límite de resistencia que se calcula mediante la Ecuación (16).

$$S'n = Su \cdot (Cm) \cdot (Cst) \cdot (c_R) \cdot (Cs) \quad (16)$$

Donde:

$S'n$ , es el límite de resistencia [ $Pa$ ]

$Su$ , es la resistencia última a la tensión [ $Pa$ ]

$Cm$ , es el factor por el tipo de material

$Cst$ , es el factor por el tipo de esfuerzo

$c_R$ , es el factor de confiabilidad

$Cs$ , es el factor de tamaño

Para encontrar la resistencia última a la tensión adecuada se optó por el material AISI-4340 OQT 1300 ya que es ampliamente utilizado en mecanismos de transmisión de maquinaria [52]. Mediante la tabla de propiedades de diseño mostrada en el anexo 6 se puede verificar que el valor de  $Su$  es de  $965 \times 10^6 \text{ Pa}$ . De acuerdo con Mott [49] para acero forjado se utiliza un factor por el tipo de material de 1 y el factor a esfuerzo a flexión igual a 1.

Utilizando el Anexo 7 con una confiabilidad de 0,99 que se asume en el diseño, se tiene un factor de confiabilidad de 0,81. Se debe optar por un factor de tamaño inicial de 0,8 según Mott [49].

$$S'n = 965 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot (1) \cdot (1) \cdot (0.81) \cdot (0.80)$$

$$S'n = 62532 \times 10^4 \text{ Pa}$$

Para encontrar el diámetro mínimo del eje se toma la Ecuación (17) mostrada a continuación:

$$\phi_{eje1} = \sqrt{\frac{2.94 \cdot (Kt) \cdot (V_{c1}) \cdot (f)}{S'n}} \quad (17)$$

Donde:

$\phi_{eje1}$ , es el diámetro mínimo requerido del eje 1 [m]

$Kt$ , es el factor de concentración de esfuerzos.

$V_{c1}$ , es la fuerza vertical en el eje 1 [N].

$f$ , es un factor de diseño.

En la Figura 18 y 20 se realizó los diagramas de fuerzas cortantes en el eje 1 donde se muestran las reacciones que actúan sobre los rodamientos, se analizará el lado del eje donde se hallan las mayores reacciones que es el punto D, para encontrar esta fuerza se utiliza la Ecuación (18).

$$V_{c1} = \sqrt{R_{Dy1}^2 + R_{Dz1}^2} \quad (18)$$

Donde:

$R_{Dy1}$ , es la reacción en el eje “Y” [N].

$R_{Dz1}$ , es la reacción en el eje “Z” [N].

$$V_{c1} = \sqrt{(917,731 \text{ N})^2 + (2910,56 \text{ N})^2}$$

$$V_{c1} = 3051,82 \text{ N}$$

En este punto del eje se tiene cerca ranuras para anillos de retención; por ello, se deberá utilizar un factor de concentración de esfuerzos igual a 3 [49]. Según Mott [49], se utiliza un factor de diseño de 2.5 a 4, si el diseño se encuentra bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales y análisis de esfuerzos.

$$\phi_{eje1} = \sqrt{\frac{2.94 \cdot (3) \cdot (3051,82 \text{ N}) \cdot (4)}{62532 \times 10^4 \text{ Pa}}}$$

$$\phi_{eje1} = 0,01312 \text{ m ó } 13,12 \text{ mm}$$

### 3.5. Diseño del eje 2

En este apartado se calculará el diámetro mínimo requerido para soportar las cargas que ejercen las catarinas, piñones y cadenas sobre el eje 2.

#### 3.5.1. Cálculo del esfuerzo total soportado por la cadena 2

Debido a que  $T_1 = T_2$  por ende, se calcula el esfuerzo total soportado en ese punto despejando de la Ecuación (19). El torque 2 se lo puede verificar en la Figura 14.

$$T_1 = F_{C2} * r_p \quad (19)$$

Donde:

$F_{C2}$ , es la fuerza total en la segunda cadena [N]

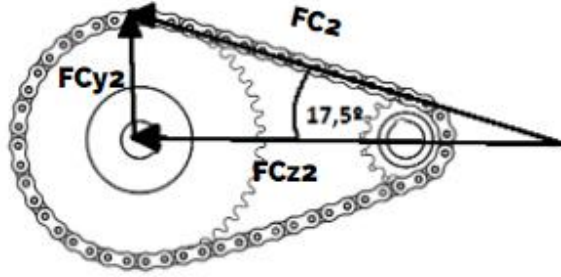
$r_p$ , radio del piñón [m]

$$F_{C2} = \frac{149 \text{ N.m}}{0,034 \text{ m}}$$

$$F_{C2} = 4315,3 \text{ N}$$

Se debe descomponer la fuerza  $F_{C2}$ , debido al ángulo de 17, 5° que se forma entre la horizontal y la cadena 2 como se muestra en la Figura 22.





**Figura 22.** Triangulo que se forma entre la cadena 2 y la horizontal.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Esta fuerza se descompone en  $FC_{y2}$  y  $FC_{z2}$  que mediante la Ecuaciones (20) y (21) respectivamente, se determina su valor.

$$\sin \theta = \frac{FC_{y2}}{FC_2} \quad (20)$$

Donde:

$FC_{y2}$ , es el componente en el eje “Y” del esfuerzo total que soporta la cadena 2 [N]

$\theta$ , es el ángulo que se forma en entre la cadena 2 y la horizontal.

$$\therefore FC_{y2} = (\sin 17.5) \times 4315,3 \text{ N}$$

$$FC_{y2} = 1297,6 \text{ N}$$

$$\cos \theta = \frac{FC_{z2}}{FC_2} \quad (21)$$

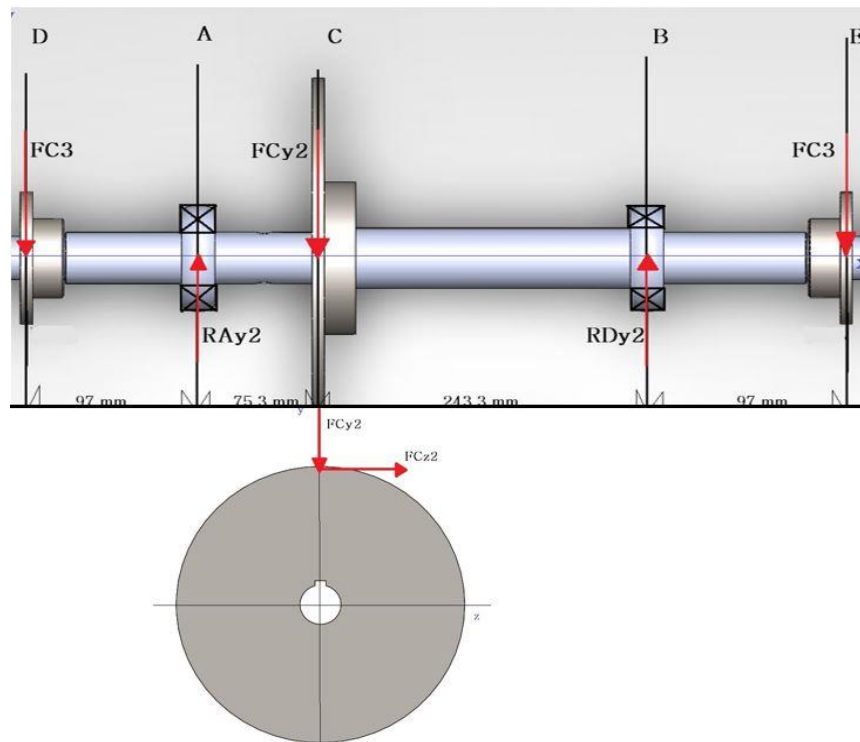
Donde:

$FC_{z2}$ , es el componente en el eje “Z” del esfuerzo total que soporta la cadena 2 [N]

$$\therefore FC_{z2} = (\cos 17.5) \times 4315,3 \text{ N}$$

$$FC_{z2} = 4115,6 \text{ N}$$

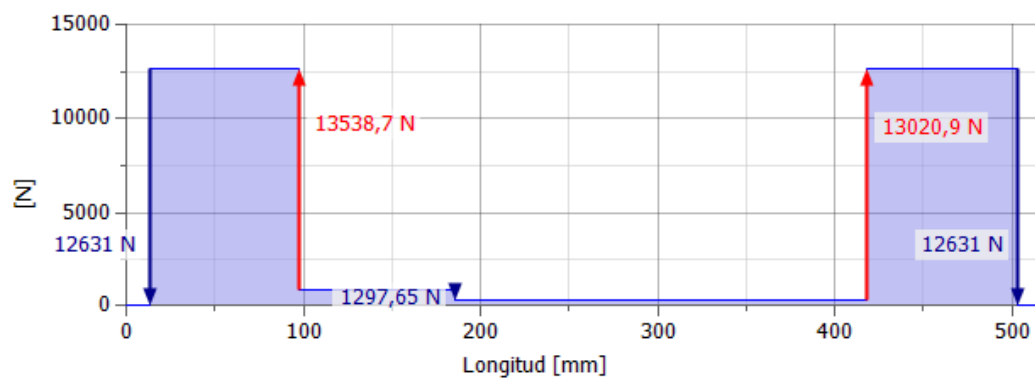
A continuación, se llevará a cabo los diagramas de fuerzas y momentos del eje 2 mediante el software Autodesk Inventor Profesional 2019, para ello, se realizó un diagrama de cuerpo libre que se muestra en la Figura 23.



**Figura 23.** Diagrama de cuerpo libres del eje 2.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

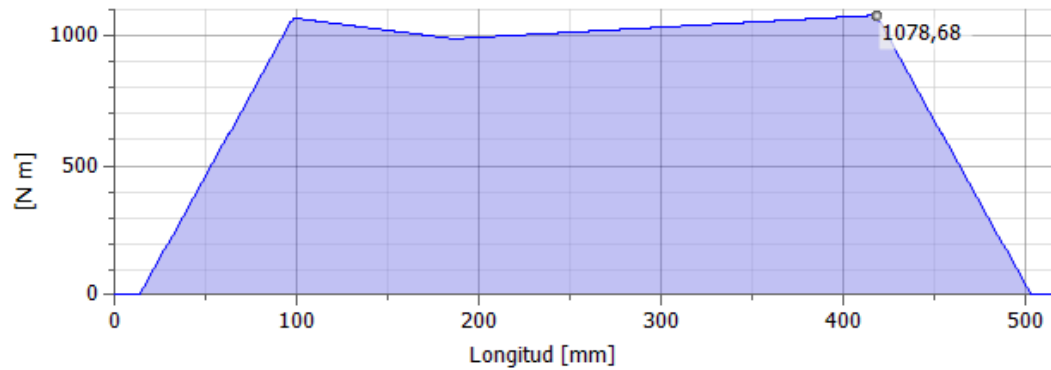
En la Figura 24 se muestra el diagrama de fuerza cortante del eje 2 en el plano X-Y.



**Figura 24.** Diagrama de fuerza cortante, plano X-Y eje 2.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

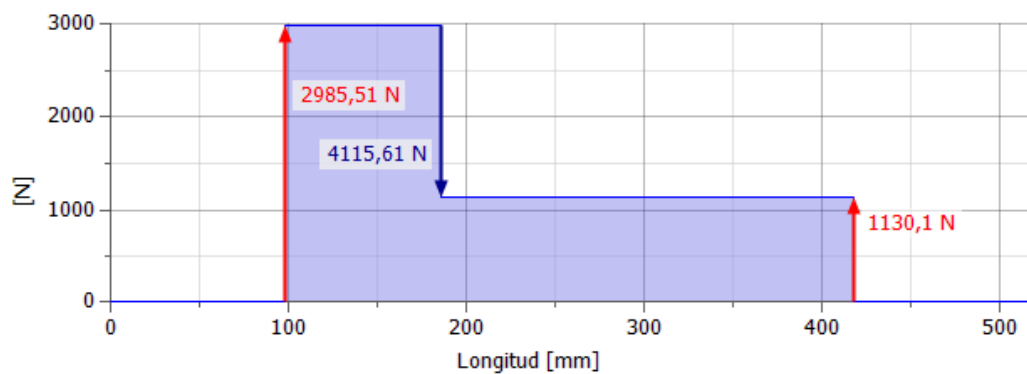
En la Figura 25 se muestra el diagrama de momento donde se puede observar el valor del momento máximo que es el punto crítico a analizar en el plano X-Y del eje 2.



**Figura 25.** Diagrama de Momento máximo, plano X-Y eje 2.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

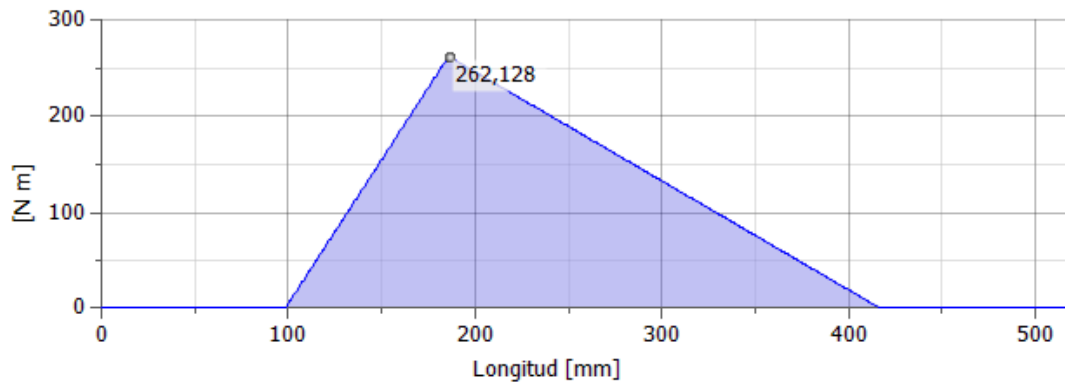
En la Figura 26 se muestra el diagrama de fuerza cortante en el plano X-Z del eje 2 con sus respectivas cargas y reacciones.



**Figura 26.** Diagrama de fuerza cortante, plano X-Z eje 2.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

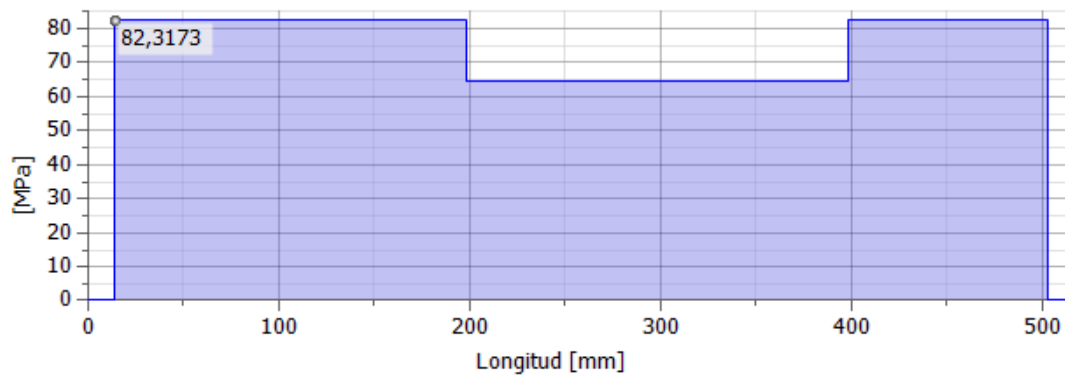
En la Figura 27 se muestra el diagrama de momento donde se puede observar el valor del momento máximo que es el punto crítico para analizar en el plano X-Z del eje 2.



**Figura 27.** Diagrama de Momento máximo, plano X-Z eje 2.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Mediante la Figura 28, se muestra el diagrama de momento torsor en el eje 1.



**Figura 28.** Diagrama de Momento torsor en el eje 2.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

### 3.5.2. Torque

Para el cálculo del torque que se genera en el eje 2 como se muestra en la Figura 14, se consideró que la fuerza en el piñón es la misma que la de la Catarina, debido a que es transmitida por la misma cadena, es decir  $F_{C2} = F_{C3}$ .

$$\therefore T_2 = F_{C2} * r_C \quad (22)$$

Donde:

$T_2$ , Torque en el eje 2 [N.m]

$$T_2 = 4315,34 \text{ N} * 0.1011 \text{ m}$$

$$T_2 = 436,28 \text{ N.m}$$

### 3.5.3. Diámetro mínimo requerido del eje

En la Figura 25 y 27 se realizó los diagramas de fuerzas cortantes en el eje 2 donde se muestran las reacciones que actúan sobre los rodamientos. Se analizará el lado del eje donde se hallan las mayores reacciones que es el punto A, para encontrar esta fuerza se utiliza la Ecuación (23).

$$\phi_{eje2} = \sqrt{\frac{2.94 \cdot (Kt) \cdot (V_{c2}) \cdot (f)}{S'n}} \quad (23)$$

Donde:

$\phi_{eje2}$ , es el diámetro mínimo requerido del eje 2 [m]

$V_{c2}$ , es la fuerza vertical en el eje 2 [N].

$$V_{c2} = \sqrt{R_{Ay2}^2 + R_{Az2}^2} \quad (24)$$

Donde:

$R_{Ay2}$ , es la reacción en el eje “Y” [N].

$R_{Az2}$ , es la reacción en el eje “Z” [N].

$$V_{c2} = \sqrt{(13538,7 \text{ N})^2 + (2985,51 \text{ N})^2}$$

$$V_{c2} = 13863,9 \text{ N}$$

En este punto del eje se tiene cerca ranuras para anillos de retención, por ende, se deberá utilizar un factor de concentración de esfuerzos igual a 3 [49]. El factor  $f$  es el mismo que para el cálculo del diámetro del eje 1.

$$\phi_{eje2} = \sqrt{\frac{2.94 \cdot (3) \cdot (13863,97 \text{ N}) \cdot (4)}{62532 \times 10^4 \text{ Pa}}}$$

$$\phi_{eje2} = 0.02796 \text{ ó } 27.97 \text{ mm}$$

### 3.6. Diseño del eje 3

En este apartado se calculará el diámetro mínimo requerido para soportar las cargas que ejercen las catarinas, piñones y cadenas sobre el eje 3.

#### 3.6.1. Cálculo del esfuerzo total soportado por la cadena 3

El esfuerzo en la cadena 3 es el mismo que en la cadena 4, por tanto, se realiza un solo cálculo mediante la Ecuación (25) para encontrarlo. Asimismo,  $T_2 = T_3$ .

$$\therefore F_{C3} = \frac{T_2}{r_p} \quad (25)$$

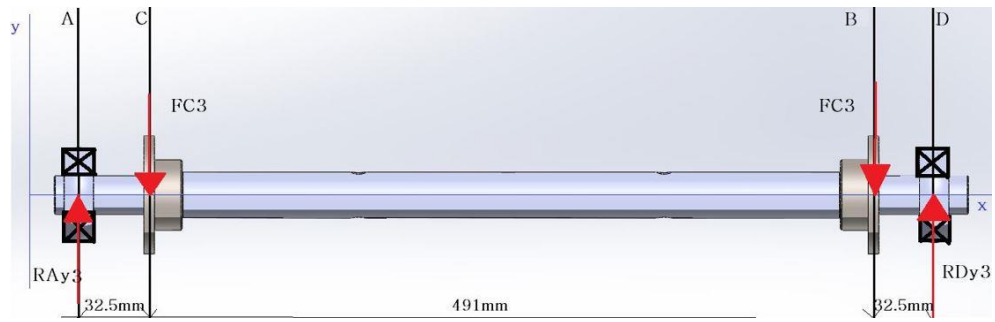
Donde:

$F_{C3}$ , es el esfuerzo total soportado por la cadena 3 [N]

$$F_{C3} = \frac{436,28 \text{ N.m}}{0,0345 \text{ m}}$$

$$F_{C3} = 1262,52 \text{ N}$$

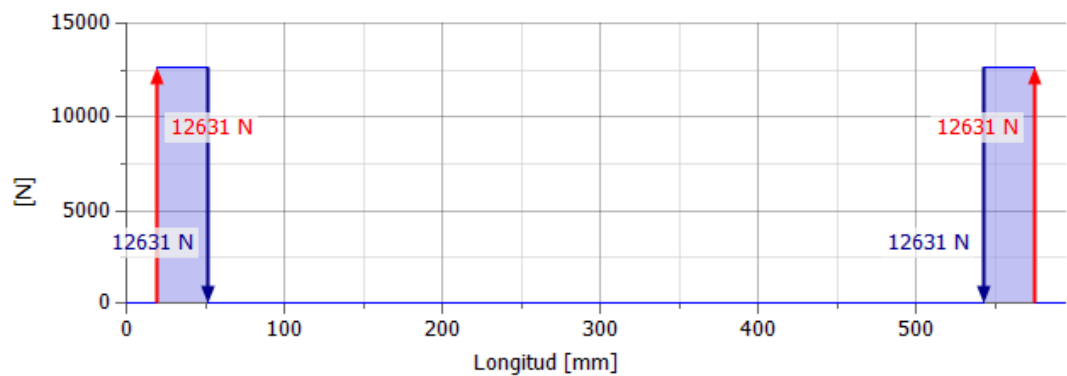
Se realiza un diagrama de cuerpo libre del eje 3 como se muestra en la Figura 29, posteriormente se llevará a cabo los diagramas de fuerzas y momentos en el eje mediante el software Autodesk Inventor Profesional 2019. En la cadena 3 y 4 no se tiene ángulo, por tanto, solamente se tiene diagramas en el eje X-Y.



**Figura 29.** Diagrama de cuerpo libre del eje 3.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

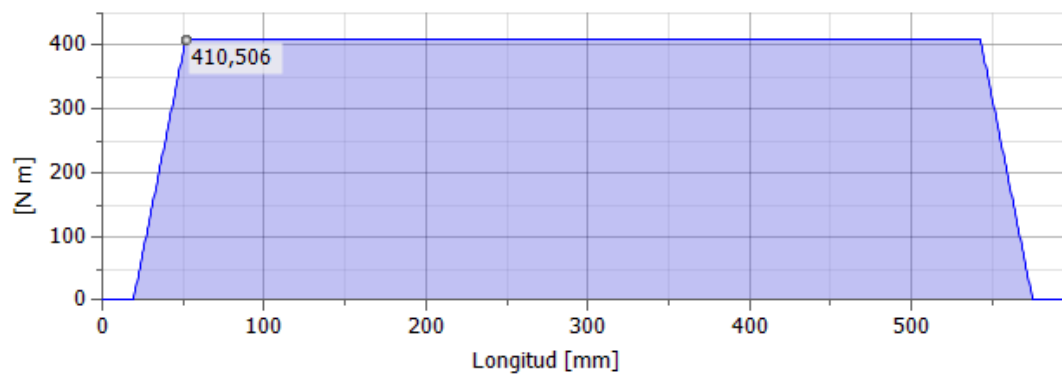
En la Figura 30 se muestra el diagrama de fuerza cortante del eje 3 en el plano X-Y.



**Figura 30.** Diagrama de fuerza cortante, plano X-Y eje 3.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

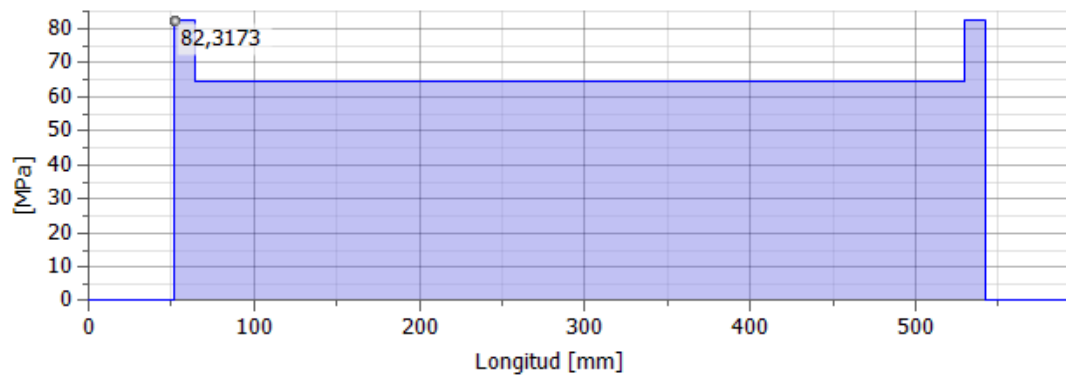
En la Figura 31 se muestra el diagrama de momento donde se puede observar el valor del momento máximo que es el punto crítico para analizar en el eje 3.



**Figura 31.** Diagrama de Momento máximo, plano X-Y eje 3.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

En la Figura 32, se muestra el diagrama de momento torsor en el eje 3.



**Figura 32.** Diagrama de Momento torsor en el eje 3.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

### 3.6.2. Diámetro mínimo requerido del eje

Para calcular el diámetro mínimo se utiliza la Ecuación (26). Las reacciones que actúan sobre los rodamientos se las pueden verificar en la Figura 30. La fuerza vertical es igual a la reacción ( $V_{c3} = 12631 \text{ N}$ ), por lo cual no es necesario calcularla. En este eje las reacciones son iguales, por tanto, se analizará solamente en un punto.

$$\phi_{eje3} = \sqrt{\frac{2.94 \cdot (Kt) \cdot (V_{c3}) \cdot (f)}{S'n}} \quad (26)$$

Donde:

$\phi_{eje3}$ , es el diámetro mínimo requerido del eje 3 [m]

$V_{c3}$ , es la fuerza vertical en el eje 3 [N].

En este punto del eje se tiene cerca ranuras para anillos de retención, por ende, se deberá utilizar un factor de concentración de esfuerzos igual a 3 [49]. El factor  $f$  es el mismo que para el cálculo del diámetro del eje 1.



$$\phi_{eje3} = \sqrt{\frac{2.94 \cdot (3) \cdot (12631 \text{ N}) \cdot (4)}{62532 \times 10^4 \text{ Pa}}}$$

$$\phi_{eje3} = 0,02669 \text{ m ó } 26,69 \text{ mm}$$

En conclusión y luego de analizar los diámetros mínimos requeridos para cada eje, se tiene que, un diámetro de 32 mm es apto para todos los ejes, ya que entre los tres ejes el mayor resultó con un diámetro de 27.977 mm y el diámetro elegido está por encima de este valor. Por ende, cumple ampliamente con el diseño.

### 3.7. Selección de chumaceras

Después de obtener un diámetro mínimo requerido, se debe seleccionar los rodamientos adecuados para los ejes. La carga de diseño ( $C_d$ ) es igual a la fuerza cortante total en el eje 2 ( $V_{c2}$ ), es decir,  $V_{c2} = C_d$ , debido a que es el eje más crítico por sus altas reacciones. Para desarrollar, adecuadamente, la selección de rodamientos se debe conocer la capacidad de carga estática y dinámica que deberá soportar este elemento.

La capacidad de carga estática es la carga que, sin deformarse permanentemente, logra resistir el rodamiento [49], la cual se determina mediante la Ecuación (27).

$$C_o = f_s \cdot C_d \quad (27)$$

Donde:

$C_o$ , es la capacidad de carga estática [kN]

$f_s$ , es el factor de esfuerzos estáticos

$C_d$ , es la carga de diseño [kN]

$$C_o = 1 * 13,86 \text{ kN}$$

$$C_o = 13,86 \text{ kN}$$

Según NTN Corp. [53] para chumaceras con rodamientos de bolas, que trabajen sólo con carga radial se usa un factor de esfuerzos estáticos de 1.

La capacidad de carga dinámica es la carga con la cual logran trabajar los rodamientos para alcanzar una duración nominal de un millón de revoluciones [49]. Para el cálculo de la carga dinámica se toma la Ecuación (28).

$$C_n = \frac{Cd \cdot f_L}{f_N} \quad (28)$$

Donde:

$C_n$ , es la capacidad de carga dinámica [N]

$f_L$ , es el factor de duración

$f_N$ , es el factor por velocidad

$$C_n = \frac{13,864 \text{ kN} \cdot 0,973}{0,53}$$

$$C_n = 25,45 \text{ kN}$$

En el Anexo 8 para 233,3 rpm se utiliza un factor por velocidad de 0,53. Para la selección del rodamiento se asume una vida de 460 horas de trabajo, debido a que la máquina trabajará ocasionalmente, en un aproximado de 10 horas por mes. Según FAG [54] para 460 horas de trabajo se utiliza un factor de duración de 0,973 como se muestra en el Anexo 9.

Por medio del Anexo 10 se muestra una tabla de rodamientos para chumaceras FAG tipo S, el rodamiento seleccionado es de diámetro 1 1/4" con denominación FAG 16207.104. Esta chumacera cumple, considerablemente, con soportar las cargas estáticas y dinámicas calculadas con anterioridad. Además, se utilizará el mismo tipo de chumaceras en todos los ejes debido a que se analizó el punto crítico del eje sometido a mayores esfuerzos. No obstante, en el mercado nacional se encuentra la chumacera UCP 206-19.

### 3.8. Fuerza en el rotavator

Mediante la fórmula (29) se encuentra la fuerza de salida del rotavator:

$$T_3 = F_r * r_p \quad (29)$$

Donde:

$F_r$ , es la fuerza de salida del rotavator [N]

$r_p$ , es el radio de rotavator [m]

$$\therefore F_r = \frac{436,40 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,2 \text{ m}}$$

$$F_r = 2182 \text{ N}$$

Considerando que el motocultor puede trabajar con 6 aspas simultáneamente. La fuerza que necesitaría para romper el suelo es de 1602 N. Este valor es inferior al  $F_r$  de 2182 N generado por la máquina. Cabe mencionar que el apero fue adquirido del Grupo husqvarna quienes fabrican y comercializan máquinas agrícolas, por lo cual son ellos los que garantizan su vida útil.

Para su comprobación se calcula la fuerza requerida para traccionar el rotavator, la cual, depende de las características del suelo, tomando en cuenta parámetros como el ancho y profundidad de trabajo. Esta fuerza se la obtiene mediante la Ecuación (30).

$$F_r = CL * l * a \quad (30)$$

Donde:

$CL$ , es el coeficiente de labranza [ $\text{kgf}/\text{m}^2$ ]

$l$ , es la profundidad de trabajo del rotavator [m]

$a$ , es el ancho de trabajo el rotavator [m]

$$F_r = 3000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} * 0,2 \text{ m} * 0,37 \text{ m}$$

$$F_r = 222,6 \text{ kgf} * \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} = 2181,5 \text{ N}$$

Se debe tener presente que donde existen cultivos el suelo está suelto, debido a que las raíces de las plantas deben tener un buen drenaje, para que la misma se desarrolle, por lo que el valor del Coeficiente de Labranza *CL* para el suelo se lo obtiene de la Tabla 13.

**Tabla 13.** Coeficientes de labranza referenciales.

Estado del suelo	Coeficiente de labranza [kgf/m <sup>2</sup> ]
Tierra muy suelta	3000
Tierra suelta	3000 - 4000
Tierra mediana	4000 - 6000
Tierra a compactar	6000 - 8000
Tierra compactada	8000 - 10000

Fuente: Herrera - Mecanización Agrícola [55]

### 3.9. Diseño del chasis de la máquina

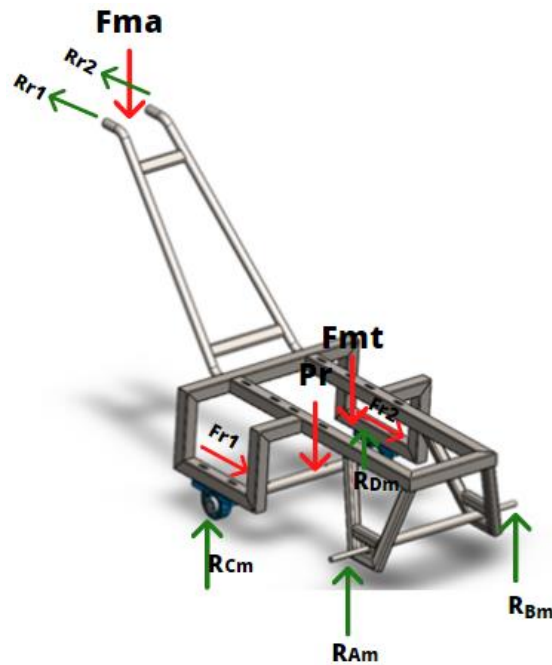
El diseño de este elemento se estableció debido a la cara plana de las chumaceras en las que se montarán los ejes con sus diversos elementos. El material con el que se construirá el chasis de la máquina será, acero estructural ASTM-36, debido a que es un material esbelto, económico y ampliamente usado dentro de la industria ecuatoriana.

El manubrio, como su nombre lo indica se usará para maniobrar y controlar la máquina motocultora de acuerdo a las exigencias de los operarios. Para este elemento se utiliza, tubo redondo mecánico ASTM-36 de 1" de diámetro, con un espesor de 2 mm, el cual es un material con buenas propiedades mecánicas y buena maleabilidad para proporcionar la geometría deseada.

#### 3.9.1. Análisis de elementos finitos en el chasis

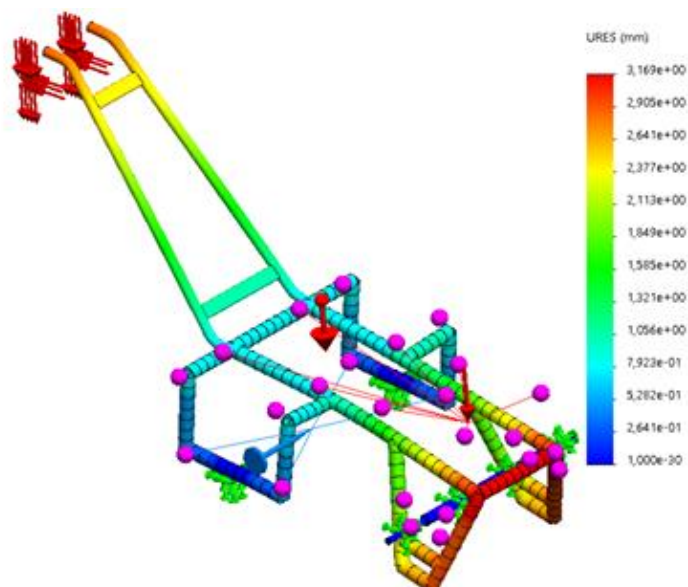
Es necesario realizar un análisis por elementos finitos para establecer el desplazamiento que toleran estos elementos al estar sometidos a los esfuerzos de funcionamiento, en la Figura 33 se muestra el diagrama de cuerpo libre del chasis.

Cabe mencionar que la fuerza que se aplica en el manubrio es de 200 N, debido a que es la fuerza de empuje que genera una persona de pie que involucre el cuerpo completo [56] la cual se representa en la Figura 33 como  $F_{ma}$ , la representada como  $F_{mt}$ , es la el peso de la máquina menos el peso del chasis con un valor de 768,15 N.



**Figura 33.** Diagrama de cuerpo libre del chasis.

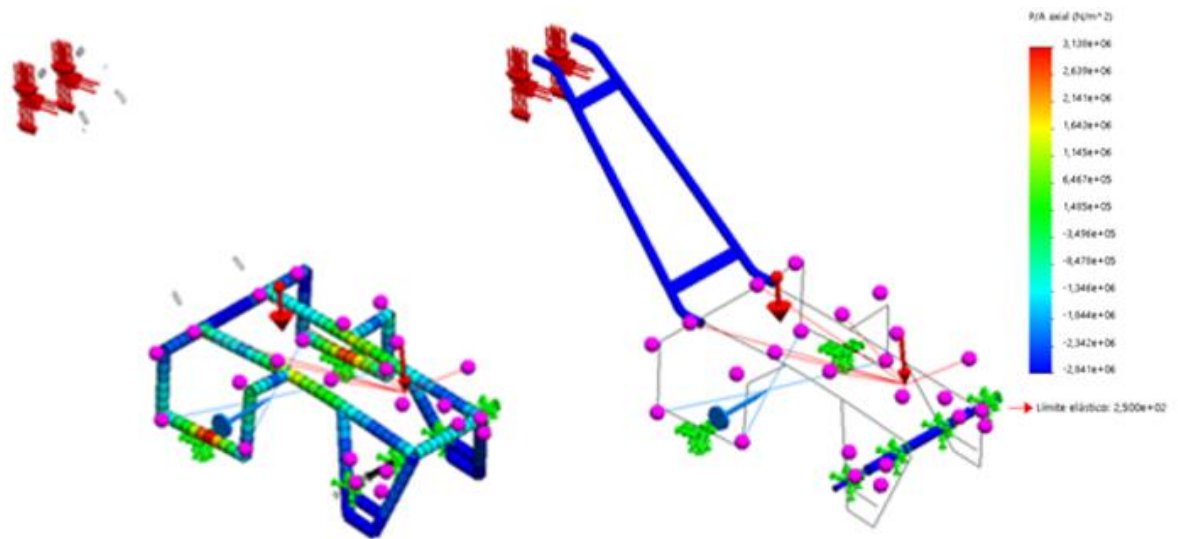
Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo



**Figura 34.** Análisis de elementos finitos en el chasis, desplazamiento.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

En la Figura 34, se muestran los desplazamientos que constan a lo largo del chasis, se logra percibir que el desplazamiento máximo se sitúa en la parte superior de manubrio. Este desplazamiento no debe ser un valor elevado, ya que puede ser muy notorio y podría crear daños en el chasis. En este caso el valor máximo del desplazamiento es de 3,17 mm, lo cual es considerado aceptable.



**Figura 35.** Análisis de elementos finitos en el chasis.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Se realizó un análisis de elementos finitos como se muestra en la Figura 36, con el fin de establecer el esfuerzo máximo de Von Mises que se ejerce sobre el sujetador del motor de la máquina. El esfuerzo máximo resulta 3,3 MPa, por tanto, es un valor menor al límite elástico del material.

Se concluye, que Acero ASTM-36 es el material adecuado para la construcción del chasis, debido a que sometido a las cargas de trabajo sufre una deformación máxima de 3,17 mm lo cual es aceptable, asimismo, el límite estático del material tiene un valor 250 MPa valor que está por encima del esfuerzo máximo que sufre la máquina.

### 3.10. Selección de las ruedas

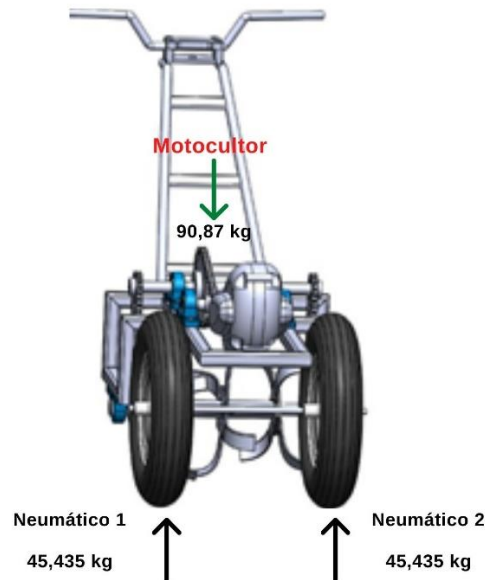
El neumático se seleccionó de acuerdo con el peso de la máquina. Se debe tomar en cuenta que serán 2 neumáticos ensamblados como se muestra en la Figura 36, que se ocupará para el transporte y estabilidad de la máquina.

El peso total de la máquina, se lo obtiene a través de la sumatoria de todos los pesos de cada elemento que posee la máquina, como se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 14.** Detalle de los pesos de cada elemento de la máquina.

Descripción	Peso [kg]
Chasis (Tubo cuadrado negro 40 x 2 mm)	12,54
Manubrio (Tubo estructural redondo 1" x 2mm)	5,16
Eje 1 (Acero 705 / 4340)	3,24
Eje 2 (Acero 705 / 4340)	3,01
Eje 3 (Acero 705 / 4340)	1,70
Eje 4 (Acero AISI-1018)	0,997
Piñón x 6 unidades	1,76
Catarina x 2 unidades	5,04
Cadena número 40 x 4 m	2,48
Chumaceras x 6 unidades	4,74
Tanque de combustible (lleno)	2,4
Elementos de sujeción	3
Rotavator	6,8
Motor	38
<b>Total</b>	<b>90,867</b>

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo.



**Figura 36.** Boceto de la ubicación de los neumáticos.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Cada neumático debe soportar el 50% del peso de la máquina motocultora, por lo tanto, cada uno de los neumáticos soportará 45,4 kg de carga. Por esta razón, el neumático elegido es el de la denominación 16" x 4.00-8 con un diámetro del eje de 5/8" y una capacidad de carga de 227,27 kg cada uno [57]. Dicho neumático se aprecia en la Figura 37.



**Figura 37.** Modelado 3D de la rueda.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Este neumático cumple con las cargas que debe soportar, asimismo sus dimensiones son apropiadas debido a que facilita su movilidad y a su vez mejora la tracción en terrenos arenosos.



### 3.11. Construcción del equipo

La construcción de los elementos que conforman la estructura de la máquina motocultora, debe realizarse en un taller mecánico que cuente con los instrumentos y equipos necesarios para la fabricación de estos. Para la construcción del equipo se inició en base a las dimensiones del rotavator y del motor. Cabe mencionar que los elementos normalizados y materia prima se encuentran dentro de la industria nacional.

#### 3.11.1. Descripción del proceso de construcción y ensamble

Se enlistarán los procesos para la construcción y ensamble de la máquina:

- Se realizó los cortes a 45° en las aristas que se requería en el tubo cuadrado 40 x 2 mediante una máquina tronzadora como se muestra en la Figura 38, para el ensamblado del chasis. Además de realizar ojos chinos en la parte donde se montaron las chumaceras para que sea posible tensar las cadenas.



**Figura 38.** Operación de corte.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

- Se mecanizan los ejes, catarinas y piñones como se muestra en los planos.
- Se realiza el proceso de soldadura en los perfiles para el ensamble del chasis puliendo bordes con aristas pronunciadas.

- Una vez mecanizados los elementos, y armado el chasis se montará el motor para posteriormente aplicar como se muestra en la Figura 39, todos los elementos normalizados, además del rotavator y montar los mismos.



**Figura 39.** Ensamble de elementos.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

- Se dobló el tubo estructural redondo de 1" x 2mm para proporcionar una forma al manubrio, a continuación, se soldó el manubrio que forma parte del chasis.
- A continuación, se colocó la estructura para las ruedas en el chasis. Conjuntamente, se soldó en la estructura una canastilla para la batería del motor, en este proceso se cortó platinas para conformar la canastilla; además de aplicar el proceso de esmerilado para eliminar aristas vivas en los cortes realizados, los procesos se muestran en la Figura 40.



(a)

(b)

**Figura 40.** Operaciones tecnológicas: (a) Corte; (b) Esmerilado.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

- Una vez, acabados todos los procesos mencionados con anterioridad, se instaló la batería del motor y se ubicó correctamente todo el cableado eléctrico que posee la máquina como se muestra en la Figura 41.



**Figura 41.** Instalación de elementos.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

- Se colocó cobertores de cadena y piñones para protección del polvo, además de bujes, anillos de seguridad y bridas exteriores en los ejes para la sujeción y retención de los mismos.
- Finalmente, se pintó la estructura con pintura electrostática, debido a que tiene un acabado duro, además de proporcionar una capa que protege de la corrosión.

### **3.11.2. Especificación de la soldadura**

Para la construcción de estructuras de acero al carbono o acero dulce, se utiliza el electrodo 6011 ya que posee un revestimiento canela (celulósico potásico) diseñado para el tipo de juntas que posee el proyecto. Es fácil de soldar en posición vertical y sobre cabeza por la rápida solidificación del metal depositado. Admite altas velocidades de soldadura debido a que el arco puede ser dirigido en cualquier posición [58].

Se utilizaron las juntas a tope en (Y) y de esquina. La soldadura que se empleó para el proceso se realizó a cordón de costura, además de soldadura de ranuras.

### **3.11.3. Pruebas de campo**

Una vez ejecutados todos los procesos de construcción y ensamble del motocultor, se efectuaron pruebas de campo para la verificación del correcto funcionamiento de la máquina motocultora. En la Figura 42 se muestra la primera prueba de campo que se realizó para comprobar el funcionamiento del rotavator.



**Figura 42.** Primera prueba de campo.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Durante la primera prueba de campo, se observó que el rotavator no realizó la remoción completa de la tierra, además, la máquina tenía baja estabilidad. Cabe mencionar que esta prueba se realizó en un terreno con alta compactación. Es por ello, que se optó por colocar dos ruedas que sirvan no solo para dar estabilidad a la máquina, sino también que sirvan para el transporte de la misma, así mismo, se optó por colocar refuerzos en los tubos del manubrio, para atenuar el desplazamiento que ocurre al maniobrar la máquina.

En la Figura 43 se muestra la segunda prueba realizada con la presencia del tutor del proyecto, para la verificación del funcionamiento de la máquina.



**Figura 43.** Segunda prueba de campo.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Después de realizar la segunda prueba de campo, se observó que la máquina realizó correctamente el laboreo del suelo, ya que efectuó una remoción completa de la tierra, así mismo, su estabilidad aumentó considerablemente, por lo que la prueba resultó satisfactoria. Sin embargo, se logró apreciar que, partículas rocosas se alojaban entre los espacios de las cadenas y piñones, pudiendo provocar daños a largo plazo en los elementos. Por ello, se decidió colocar cobertores de cadenas para mitigar los mismos.

Mediante la Tabla 15 se muestra la capacidad de la máquina en cada prueba realizada.

**Tabla 15.** Capacidad de la máquina

<b>PRUEBAS DE CAMPO</b>	<b>CAPACIDAD [ km/h]</b>	<b>PROFUNDIDAD DE LABOREO [cm]</b>
1 <sup>era</sup> prueba de campo	1,9	5
2 <sup>da</sup> prueba de campo	1,4	20

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo.

Para establecer la capacidad de la máquina motocultora, se basa en los resultados arrojados por la Tabla 15, y asumiendo un terreno de dimensiones 100 x 100 m el cual equivale a una hectárea. La máquina deberá realizar 250 pases para laborar completamente la misma, es decir, la máquina deberá recorrer 25 km lineales, lo cual a una capacidad de 1,4 km/h tardaría en completar dicho recorrido en 17,86 horas.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE COSTOS PARA LA FABRICACIÓN DEL MOTOCULTOR

Para realizar el análisis de costos de la máquina motocultora, se debe conocer los costos directos e indirectos, los cuales se detallan a continuación:

#### 4.1. Costos directos

Son los costos que directamente se desembolsaran para la construcción de la máquina, los cuales se muestran a continuación.

##### 4.1.1. Costo de materia prima

Los costos de materia prima se detallan mediante la Tabla 16, los cuales constituyen los materiales que se adquieren para ser transformados mediante algunos procesos.

**Tabla 16.** Costos de materia prima

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tubo cuadrado negro 40 x 40 x 2,0	1	14,65	14,65
Tubo estructural redondo 1" x 2mm	1	8,81	8,81
Plancha de acero espesor 0.4 mm	1	20,00	20,00
<b>TOTAL</b>			<b>43,46\$</b>

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

##### 4.1.2. Costo de elementos normalizados

Los elementos normalizados son los que se encuentran disponibles dentro del mercado y que, sin necesidad de pasar por un proceso de transformación, se acoplan a la máquina, estos elementos se especifican en la Tabla 17.

**Tabla 17.** Costos de elementos normalizados

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Catarina sencilla 40B-50 T	2	24,30	48,60
Piñón sencillo 40B- 17 T	6	6,56	39,37
Chumacera CMB piso 206 30mm	6	8,91	53,46
Acero 705 / 4340 32 x 605 mm	2	15,44	30,88
Acero 705 / 4340 32 x 305 mm	1	7,83	7,83
Acero 1018 5/8" x 24"	1	5,40	5,40
Bronce Fosfórico 1 ½" x 100 mm	1	16,66	16,66
Cadena Challen sencilla paso 40	1	17,05	17,05
Candados cadena 40-1 KAN	6	0,89	5,34
Perno hexagonal 3/8" x 5"	1	0,31	0,31
Perno hexagonal 3/8" x 3 ½"	1	0,21	0,21
Perno hexagonal 3/8" x 2"	2	0,31	0,62
Perno hexagonal M10 x 70	16	0,55	8,80
Perno hexagonal M35 x 30	1	1,05	1,05
Tuerca hexagonal M35 x 30	1	0,80	0,80
Tuerca hexagonal M10 paso 1,5	16	0,093	1,49
Rodela plana galvanizada 3/8"	60	0,11	6,60
Rodelas de presión 5/8"	15	0,40	6,00
Prisioneros M6 x 1,00 x 20	14	0,12	1,68
Prisioneros M6 x 1,00 x 25	2	0,14	0,28
Anillos de seguridad #28	9	0,80	7,20
Kit Aperos rotovator 30cm	1	220,00	220,00
Tanque gasolina	1	18,00	18,00
Batería de gel 12N7	1	35,00	35,00
Neumático 16" x4,00-8	2	25	50,00
Motor de 250cc	1	300	300,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$882,63</b>

Elaborado por: Diego Larrea &amp; Cristina Toledo



A continuación, en la Tabla 18 se detalla el total de los costos directos.

**Tabla 18.** Costos totales directos

<b>Costos Directos</b>	<b>Total</b>
Materia prima	43,46
Elementos normalizados	882,63
<b>TOTAL</b>	<b>\$926,09</b>

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

#### **4.2. Costos indirectos**

Estos costos, son los que ayudan a obtener el producto final, es decir, afectan el proceso de producción en general, a pesar de ello, no pueden identificarse directamente con los productos específicos.

##### **4.2.1. Costo de servicios**

En la Tabla 19 se muestran los costos por el tipo de servicio a requerir.

**Tabla 19.** Costo de servicios

<b>Servicio</b>	<b>Costo de la operación</b>
Torno	90,00
Suelda	80,00
Dobladora	4,00
Tronzadora	10,00
Pintura	60,00
Técnico de motos	70,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$314</b>

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

#### 4.2.2. Costo de materiales consumibles

En la Tabla 20 se muestran los costos de los materiales consumibles.

**Tabla 20.** Costos de materiales consumibles

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Disco de corte de 4 <sup>1/2</sup> “	3	1,90	5,70
Disco de corte de 7”	2	3,50	7,00
Grata 4 <sup>1/2</sup> “	1	8,50	8,50
<b>TOTAL</b>			<b>\$21,2</b>

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

A continuación, en la Tabla 21 se detalla el total de los costos indirectos.

**Tabla 21.** Costos totales indirectos

Costos indirectos	Total
Servicios	314
Consumible	21,2
<b>TOTAL</b>	<b>\$335,2</b>

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

#### 4.3. Costo total de la máquina

En la Tabla 22, se ejecuta la suma de los costos directos e indirectos, también se suma un 10% de imprevistos ante la construcción del motocultor.

**Tabla 22.** Costo total de la máquina

Costos totales	Total
Costos directos	926,09
Costos indirectos	335,5
<b>SUB Total</b>	<b>1261,59</b>
Imprevistos 10%	126,159
<b>TOTAL</b>	<b>\$1387,749</b>

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

En el mercado nacional existen motocultores con un precio menor al valor total del proyecto, sin embargo, no tienen las características adecuadas con respecto al ancho de trabajo y adaptabilidad para cada cultivo que requiere la Compañía Alqamari S.A. Por lo cual, está justificada la construcción de la máquina motocultora.

#### 4.4. Análisis económico

En este análisis se detalla el costo de operación en dólares, de las tres alternativas de laboreo mencionadas anteriormente, con el fin de comparar los valores para así, verificar la alternativa que incurra en menores costos.

##### 4.4.1. Costos de contratar

Para cada una de las alternativas se tomará en cuenta, el costo que conlleva realizar el mismo tipo de laboreo en 1ha de terreno, siendo que a cada alternativa le lleva un determinado tiempo realizarlo, con una determinada cantidad de obreros. Dicho laboreo se refiere exclusivamente a la preparación del terreno antes de la siembra, la cual se realiza mediante una ruptura del suelo compacto a una profundidad aproximada de 15cm y una remoción de maleza. En las Tablas 23, 24, 25 se muestran los valores de los costos de operación que se incurren en 1ha de terreno, suponiendo el caso de que se contrate cada una.

**Tabla 23.** Costo de contratar laboreo manual

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO POR HORA	HORAS A CONTRATAR	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Obrero	2	3.75	8	30.00	60.00
<b>TOTAL</b>					<b>\$60.00</b>

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

**Tabla 24.** Costo de contratar laboreo con tractor agrícola

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO POR HORA	HORAS A CONTRATAR	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Tractor agrícola	1	40.00	1	40.00	40.00
<b>TOTAL</b>					<b>\$40.00</b>

Elaborado por: Diego Larrea &amp; Cristina Toledo

**Tabla 25.** Costo de contratar laboreo con motocultor

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO POR HORA	HORAS A CONTRATAR	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Motocultor	1	5.00	8	40.00	40.00
<b>TOTAL</b>					<b>\$40.00</b>

Elaborado por: Diego Larrea &amp; Cristina Toledo

Como se aprecia en las tablas detalladas con anterioridad, las formas de laboreo más económicas resultaron ser, tanto el tractor agrícola como el motocultor, con un costo de 40.00 dólares americanos al realizar 1 hectárea de terreno.

#### 4.4.2. Costos de funcionamiento

A continuación, se detallarán los costos de funcionamiento para cada tipo de laboreo, tomando en cuenta que, para el laboreo manual se necesiten de insumos, herramientas y para las máquinas agrícolas se requiere de combustible.

**Tabla 26.** Costo de operación de laboreo manual

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
azada	2	15	30.00
machete	2	5	10.00
rastrillo	2	10	20.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$60.00</b>

Elaborado por: Diego Larrea &amp; Cristina Toledo

Como se aprecia en la Tabla 26, el costo total de herramientas resulta elevado, es necesario acotar que ese costo dependerá de la duración de dichas herramientas, por lo cual, no será un costo periódico.

**Tabla 27.**Costo de operación de laboreo con tractor agrícola

DESCRIPCIÓN	CONSUMO (galones/hora)	COSTO POR GALÓN	TIEMPO DE LABOR (horas)	COSTO TOTAL
Combustible Diésel	7.3976	1.037	2	15.34
<b>TOTAL</b>				<b>\$15.34</b>

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

**Tabla 28.** Costo de operación con motocultor

DESCRIPCIÓN	CONSUMO (galones/hora)	COSTO POR GALÓN	TIEMPO DE LABOR (horas)	COSTO TOTAL
Combustible gasolina extra	0.634	1.85\$	8	9.38\$
<b>TOTAL</b>				<b>\$9.38</b>

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

De los datos obtenidos en las Tablas 27 y 28, resulta claro que la opción del motocultor resultó ser la más económica, es preciso mencionar que estos costos comprenden un sólo laboreo de la tierra, el cual se realiza en la totalidad del terreno antes de la siembra. El motocultor también realizará labores posteriores a la siembra, como el desbroce de maleza y soltura de suelos alrededor de los cultivos, las cuales para el tractor agrícola resultarían imposibles debido a su tamaño.

#### 4.5. Beneficios del proyecto

El beneficio del proyecto se evaluará mediante la diferencia entre el costo de utilizar el motocultor versus el laboreo manual, así mismo, el motocultor vs el tractor agrícola. Los períodos serán trimestrales durante 4 años.

##### 4.5.1. Motocultor vs tractor agrícola

###### - Beneficio neto en el período 1

En la Ecuación (31) se puede hallar el valor del beneficio neto en el período 1, el valor de 4 es el valor que se realizará al año.

$$B_{n1t} = [(C_t * 4) + (C_{ct} * 4)] - [(C_{cb} * 4) + (C_{cm} * 4)] \quad (31)$$

Donde:

$B_{n1t}$ , es el beneficio neto en el período 1

$C_t$ , es el costo de contratación del tractor

$C_{ct}$ , es el costo del combustible del tractor

$C_{cb}$ , es el costo de la contratación de obrero

$C_{cm}$ , es el costo del combustible del motocultor

$$B_{n1t} = [(40 * 4) + (15.34 * 4)] - [(30 * 4) + (9.38 * 4)]$$

$$B_{n1t} = \$63,84$$

En los períodos 2, 3 y 4 el beneficio neto es igual que el período 1, debido a que los gastos son iguales.

**Tabla 29.** Beneficios netos del motocultor vs tractor agrícola

Periodo	Beneficio	
	neto	Flujo neto de caja
t1= 1	63,84	-
t1= 2	63,84	63,99
t1= 3	63,84	64,13
t1= 4	63,84	64,28

Elaborado por: Diego Larrea &amp; Cristina Toledo

En la Tabla 29, se obtiene el beneficio neto del motocultor vs el tractor agrícola. En el primer periodo el laboreo manual tiene mayor costo, debido a la adquisición de herramientas. Los detalles de los costos están descritos con anterioridad en las tablas 26, 27 y 28.

#### 4.5.2. Motocultor vs el laboreo manual

##### - Beneficio neto en el período 1

En la Ecuación (32) se puede hallar el valor del beneficio neto en el periodo 1, el valor de 4 es el valor que se realizará al año.

$$B_{n1l} = [C_h + (C_o * 4)] - [(C_{cb} * 4) + (C_{cm} * 4)] \quad (32)$$

Donde:

$B_{n1l}$ , es el beneficio neto en el periodo 1

$C_h$ , es el costo de la herramienta

$C_o$ , es el costo de operación del laboreo manual

$$B_{n1l} = [60 + (60 * 4)] - [(30 * 4) + (9,38 * 4)]$$

$$B_{n1l} = \$142,48$$

##### - Beneficio neto en el período 2

Mediante la Ecuación (33) se encuentra el valor del beneficio neto en el período 2. El valor de 4 es el período al año.

$$B_{n2} = [C_o * 4] - [(C_{cb} * 4) + (C_{cm} * 4)] \quad (33)$$

Donde:

$B_{n2}$ , es el beneficio neto en el periodo 2

$$B_{n2} = [(60 * 4)] - [(30 * 4) + (9,38 * 4)]$$

$$B_{n2} = \$82,48$$

En el período 3 y 4 el beneficio neto es igual que el período 2, ya que se tiene los mismos gastos.

- **Flujo neto de caja**

$$FNC = \text{beneficio neto} + \text{tasa de inflación} \quad (34)$$

Donde:

$FNC$ , es el flujo neto de caja

$$FNC = 82,48\$ + (0,23\%(82,48\$))$$

$$FNC = 82,67\$$$

Se toma el valor del beneficio neto en el período 2, debido a que existe una tasa de inflación, la tasa de inflación en Ecuador al año 2020 es de 0,23% [59].



**Tabla 30.** Beneficios netos del motocultor vs el laboreo manual

Período	Beneficio	
	neto	Flujo neto de caja
t1= 1	142,48	-
t1= 2	82,48	82,67
t1= 3	82,48	82,86
t1= 4	82,48	83,05

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

En la Tabla 30, se obtiene el beneficio neto del motocultor vs el laboreo manual. Los detalles de los costos están descritos con anterioridad.

#### **4.6. Cálculo del VAN y el TIR para el escenario 1 (motocultor vs laboreo manual)**

##### **- Valor presente neto**

El VAN, se lo determina mediante la Ecuación (35), la cual es la suma de todos los períodos de flujo neto. Se realizará un ejemplo para no extender el documento, ya que son 4 períodos.

$$VAN = \frac{FNC_1}{(1+j)^1} + \frac{FNC_2}{(1+j)^2} + \frac{FNC_3}{(1+j)^3} \cdots \frac{FNC_n}{(1+j)^N} \quad (35)$$

Donde:

*VAN*, es el valor presente neto de flujos

*FNC*, es el flujo neto de caja,

*N*, es el periodo en años

*j*, es un factor de riesgo que se tiene al realizar este proyecto, por lo cual se eligió un riesgo bajo de 0,02.

$$VAN = \frac{\$142,48}{(1+0,02)^1} + \frac{\$82,67}{(1+0,02)^2} + \frac{\$82,86}{(1+0,02)^3} + \frac{\$83,05}{(1+0,02)^4} = \$373,95$$

En la Tabla 31 se muestra el valor presente neto para los 4 periodos elegidos.

**Tabla 31.** Valor presente neto en los 4 períodos

	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>VAN flujos</b>
<b>t=0</b>	-	142,48	82,67	82,86	83,05	\$373,95
<b>t=1</b>			82,86	82,86	83,05	\$239,14
<b>t=2</b>				82,86	83,05	\$161,06
<b>t=3</b>					83,05	\$81,42

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

- **Tasa de rentabilidad inmediata para el escenario 1 (motocultor vs laboreo manual)**

La TRI, se lo encuentra mediante la Ecuación (36) de igual manera se realizará un ejemplo para evitar repetir cálculos.

$$TRI = \frac{FNC}{inversión\ inicial} \quad (36)$$

Donde:

*TRI*, es la tasa de rentabilidad inmediata

$$TRI = \frac{142,48}{1387,749}$$

$$TRI = 0,1027$$

**Tabla 32.** Tabla de decisión con respecto a la tasa de rentabilidad inmediata

<b>Inversión</b> \$1387,749		<b>Tasa</b> 0,02				
<b>Flujo</b>		<b>TRI &gt; &lt;</b>		<b>TRI &gt; &lt;</b>		
<b>Año</b>	<b>neto</b>	<b>TRI</b>	<b>0,02</b>	<b>DECISIÓN</b>		
1	142,48	0,1027	0,0827	>	invertir	8,27%
2	82,67	0,0596	0,0396	>	invertir	3,96%
3	82,86	0,0597	0,0397	>	invertir	3,97%
4	83,05	0,0598	0,0398	>	invertir	3,98%

Elaborado por: Diego Larrea &amp; Cristina Toledo

Luego del análisis realizado a las dos alternativas del proyecto, y como se observa en la Tabla 32 los resultados del TRI resultaron favorables siendo mayores al 2%, lo que refleja claramente la justificación de invertir en el motocultor. Por ello, la alternativa del motocultor con respecto al laboreo manual es favorable.

#### 4.7.Cálculo del VAN y el TIR para el escenario 2 (motocultor vs tractor agrícola)

##### - Valor presente neto

El VAN se lo encuentra mediante la sumatoria de todos los periodos de flujo neto como en la Ecuación (35) mostrada con anterioridad.

**Tabla 33.** Valor presente neto en los 4 periodos

					<b>VAN</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>flujos</b>
<b>t=0</b>	63,84	63,99	64,13	64,28	\$243,91
<b>t=1</b>		63,99	64,13	64,28	\$184,95
<b>t=2</b>			64,13	64,28	\$124,66
<b>t=3</b>				64,28	\$63,02

Elaborado por: Diego Larrea &amp; Cristina Toledo

##### - El TRI (tasa de rentabilidad inmediata)

La TRI se la encuentra mediante la Ecuación (36) mostrada con anterioridad.

**Tabla 34.** Tabla de decisión con respecto a la tasa de rentabilidad inmediata

<b>Inversión</b>		<b>Tasa</b>				
\$1387,749		0,02				
		<b>TRI &gt; &lt;</b>			<b>TRI &gt; &lt;</b>	
<b>Año</b>	<b>Flujo neto</b>	<b>TRI</b>	<b>0,02</b>		<b>DECISIÓN</b>	<b>2%</b>
1	63,48	0,0460	0,0260	>	invertir	2,60%
2	63,986832	0,0461	0,0261	>	invertir	2,61%
3	64,1340017	0,0462	0,0262	>	invertir	2,62%
4	64,2815099	0,0463	0,0263	>	invertir	2,63%

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Luego del análisis realizado a las dos alternativas del proyecto, y como se observa en la Tabla 34, los resultados del TRI resultaron favorables siendo mayores al 2%, lo que refleja claramente la justificación de invertir en el motocultor.

Es preciso afirmar que el motocultor es la maquinaria adecuada para ser usada por la Compañía Alqamari S.A. ya que requieren de realizar labores alrededor de las plantaciones cuando estas ya tengan un tamaño considerable, el cual para el tractor agrícola resultaría imposible.

## CONCLUSIONES

- Mediante la visita realizada a los terrenos de la Compañía Alqamari S.A. se identificó que la misma, realizaba el laboreo del suelo de manera manual, y esto les incurría en pérdidas de tiempo y dinero, concluyendo que, era necesaria la implementación de una máquina agrícola, que tecnifique los procesos de laboreo y minimice el tiempo de preparación del suelo.
- Se analizó la dureza de la tierra tal y como se detalla en el Capítulo I, donde se encontró que la máquina a construir debe tener una fuerza de al menos 267 N en cada fresa para descompactar el suelo. Asimismo, se ejecutó un estudio de alternativas entre tres formas de realizar el laboreo, donde se las valoró mediante parámetros como, el costo, facilidad de operación, mantenimiento, rendimiento y versatilidad, para seleccionar la alternativa más adecuada. Concluyendo, que la alternativa que más puntuación obtuvo de acuerdo a los requerimientos de la Compañía Alqamari S.A resultó la máquina motocultora.
- De acuerdo a las velocidades del motor expuestas en la Tabla 11 se concluyó que, 700 rpm son suficientes para alcanzar las velocidades del apero de 70 a 80 rpm en una tensión media en el muelle del acelerador, si bien a 1060 rpm, que corresponde al 83 % de tensión en el muelle, se obtiene una potencia de diseño de 6,94 hp, los cálculos fueron realizados para una velocidad de 700 rpm, que corresponde a una potencia de diseño de 4,6 hp, debido a que en este régimen trabajará, normalmente, la máquina sin sufrir sobre aceleración
- Todos los materiales y accesorios que se encuentran enumerados en el Capítulo III fueron adquiridos en el mercado nacional. Se optó por acero AISI 4340 para los ejes de las etapas de reducción. Este material tiene una resistencia a la tensión de 965 MPa y con un factor de diseño de 4, fue suficiente para soportar las cargas. Se verificó que las chumaceras 206 de piso que soportan una carga dinámica de 25,5 kN, con un factor de duración de 0,97 fue la adecuada para soportar la carga. Para la estructura se escogió el tubo estructural de perfil cuadrado en acero ASTM-36, para mantener la rigidez y por la facilidad de soldadura.

- Pese a que en el Ecuador no se fabrican motocicletas, en el mercado local si se pueden obtener motores de diferentes potencias y características. En este caso se ha reutilizado el motor de una motocicleta marca Thunder Motor 1, adquirida en el mercado nacional
- Una vez listo el prototipo se efectuaron pruebas de campo para validar parámetros de diseño, las cuales arrojaron que, es una máquina de fácil operación, debido a que las ruedas dan estabilidad a la máquina durante el trabajo y facilitan el transporte al operario. De la misma forma se estableció que el ancho máximo de trabajo del rotavator es de 40 cm y una profundidad de 20 cm. Finalmente, la máquina demostró una velocidad de avance de 25 m/min, que es una velocidad normal para el paso del operario.
- Después de realizar una evaluación económica mediante las metodologías del VAN y el TIR para cuatro períodos proyectados con la implementación de la máquina motocultora, se pudo verificar que la tasa de rentabilidad inmediata es mayor a 2% en los dos casos analizados en el Capítulo IV. Esto confirma que, el motocultor es la alternativa que producirá la mejor rentabilidad con respecto a las otras, con lo cual, se demuestra que la viabilidad del proyecto está justificada.

## **RECOMENDACIONES**

- Se sugiere realizar un análisis más profundo de los cultivos de la Compañía Alqamari S.A. para así considerar agregar accesorios que amplíen la variedad de operaciones que pueda realizar la máquina motocultora.
- Se recomienda analizar otros factores aparte de la dureza del suelo, para tener un enfoque amplio sobre las variables que puedan afectar el funcionamiento de la máquina. De igual manera, se sugiere agregar análisis de diferentes tipos de suelos en diferentes locaciones, para verificar la adaptabilidad de la máquina.
- Se recomienda simular otros modelos de la máquina utilizando otros materiales y elementos, con el fin de optimizar el uso de los mismos, manteniendo las condiciones de trabajo.
- Es recomendable realizar mas pruebas enfocadas en terrenos donde exista presencia de otros cultivos para así constatar que la máquina no afecte a plantas o raíces.
- Se recomienda realizar un nuevo análisis económico luego de un período de 6 meses del uso de la máquina. Esto permitirá confirmar o rectificar los valores teóricos con los que se realizó este estudio.
- No trabajar en terreno con pendientes mayores a 30°, es decir, ni en ascensos ni descensos, trabajar preferiblemete en terrenos planos, para evitar el volcamiento del equipo.





## REFERENCIAS

- [1] Mister herramientas, «Mister herramientas».
- [2] Carreteros, «Carreteros,» 2004. [En línea]. Available: [http://www.carreteros.org/normativa/pg3/ordenes/circulares/326\\_2000/300.pdf](http://www.carreteros.org/normativa/pg3/ordenes/circulares/326_2000/300.pdf). [Último acceso: 24 Julio 2020].
- [3] M. J. Dimitri, Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Buenos Aires: ACME S.A.C.I., 1978.
- [4] A. . S. M. Ayanz, «Especies herbáceas y leñosas bajas autóctonas para la revegetación de zonas degradadas en La Rioja,» de *Catálogo de especies herbáceas y leñosas bajas autóctonas para la revegetación de zonas degradadas en La Rioja*, Rioja, Área de Educación Ambiental de la Dirección General de Medio Natural, 2003.
- [5] Bióloga Georgelin Espinoza, «Paradais Sphynx,» 20 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://naturaleza.paradais-sphynx.com/plantas/plantas-monoicas-y-dioicas.htm>. [Último acceso: 24 Julio 2020].
- [6] CHILE.CUBICA, «CHILE.CUBICA,» 30 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.chilecubica.com/vocabularios-definiciones/nivel-fre%C3%A1tico/>. [Último acceso: 25 Julio 2020].
- [7] Real Academia Española , «Real Academia Española,» [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/apero>. [Último acceso: 2020 Julio 25].
- [8] G. Deleuze, «Universidad Nacional de la Plata,» 1977. [En línea]. Available: [http://fba.unlp.edu.ar/lenguajemm/?wpfb\\_dl=25](http://fba.unlp.edu.ar/lenguajemm/?wpfb_dl=25). [Último acceso: 25 Julio 2020].
- [9] jucavizvil, «Agricultor fin de semana,» 28 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://agricultorfindesemana.wordpress.com/tag/sistema-tripuntal/>. [Último acceso: 16 Agosto 2020].
- [10] Estudio Q3 arquitectos, «Plan de desarrollo y de ordenamiento territorial del Cantón la Joya de los Sachas,» La joya de los sachas, 2015.
- [11] Gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón la joya de los sachas, «Ordenanza que reglamenta la conformación, administración y manejo de recursos económicos para el fortalecimiento de las actividades científicas, culturales, educativas, deportivas agro-productivas que desarrolle el gobierno autónomo descentralizado,» La joya de los sachas, 2013.
- [12] Endavant S.A., «Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014-2019,» 2015.

- [13] GAD PARROQUIAL ENOKANQUI, «app.sni.gob.ec,» 12 10 2015. [En línea]. Available: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/2260004610001\\_PDOT%20ENOKANQUI\\_12-10-2015\\_11-05-10.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/2260004610001_PDOT%20ENOKANQUI_12-10-2015_11-05-10.pdf). [Último acceso: 17 02 2020].
- [14] GAD Municipal Francisco de Orellana, «orellana.gob.ec,» 2014. [En línea]. Available: [http://www.orellana.gob.ec/images/pdf2018/8PDYOT\\_2014-2019\\_ls.pdf](http://www.orellana.gob.ec/images/pdf2018/8PDYOT_2014-2019_ls.pdf). [Último acceso: 17 febrero 2020].
- [15] Indicadores del SISSAN, «siise.gob.ec,» 2012. [En línea]. Available: [http://www.siise.gob.ec/siiseweb/PageWebs/SISSAN/ficsan\\_K005.htm](http://www.siise.gob.ec/siiseweb/PageWebs/SISSAN/ficsan_K005.htm). [Último acceso: 18 febrero 2020].
- [16] Ministerio de industria, turismo y comercio, «Ahorro, Eficiencia Energética y Sistemas de Laboreo Agrícola,» IDAE, Madrid, 2006.
- [17] S. Diaz, S. Bolivar, K. Chamorro, J. Barreto y E. Lopez, «Ensayo de dureza Brinell,» 2019.
- [18] A. M. S. Domingo, La Agricultura y su Evolución a la Agroecología, España, 2010.
- [19] X. Muñoz Conforme , F. Hinostroza García y M. Mendoza García, «La yuca en Ecuador: su origen y diversidad genética,» *El misionero del agro*, nº 16, pp. 3-18, 2017.
- [20] S. Rada, «Mundiario,» 1 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.mundiario.com/articulo/sociedad/tecnologia-edicion-genes-puede-producir-virus-resistentes-plantas-yuca/20190501204246152680.html>. [Último acceso: 5 Enero 2020].
- [21] Departamento de Ingeniería Agrónoma y Contenidos, «InfoAgro,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>. [Último acceso: 5 Enero 2020].
- [22] I. E. A. Brenes, «Manual del cultivo de la yuca,» Costa Rica, 2017.
- [23] Agro 2.0 prensa , «Agro 2.0,» diciembre 10 2012. [En línea]. Available: <http://www.agro20.com/group/agricultura-america-latina-y-caribe/forum/topics/yuca-preparaci-n-del-terreno>. [Último acceso: 5 Enero 2019].
- [24] M. D. Rivera, «Manual práctico para el cultivo sustentable del plátano,» Mayagüez.
- [25] V. B. Lemm, «Panamá y su historia,» 4 septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://panahistoria.wordpress.com/2018/09/04/hablemos-del-coco/>. [Último acceso: 5 enero 2020].

- [26] I. M. Lizano, «Programa nacional de frutas de El Salvador,» El Salvador, 2013.
- [27] cipotato, «Internacional Potato center (CIP),» 17 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/17/labores-de-siembra/>. [Último acceso: 04 Febrero 2020].
- [28] I. M. d. J. Vanegas, «Guía Técnica del Cultivo de Limón Pésico,» El Salvador, 2002.
- [29] Agrotendencia , «Uso, cultivo, curiosidades y más sobre este ácido y espinoso promotor de la salud,» 2018.
- [30] Inforural, «Inforural,» 11 Agosto 2012. [En línea]. Available: <https://www.inforural.com.mx/limon-siembra-y-cosecha/>. [Último acceso: 05 Febrero 2020].
- [31] MAQAGRI, «<http://maquinaria-agricola.com.sv/>,» 15 Abril 2019. [En línea]. Available: <http://maquinaria-agricola.com.sv/?p=864>. [Último acceso: 10 01 2020].
- [32] J. L. H. Martos, «Maquinaria para el laboreo mínimo y la siembra directa,» Ministerio de agricultura, pesca y alimentación , Madrid, 1990.
- [33] Á. Almaraz, «<https://www.reparatucultivador.com>,» reparatucultivador, Junio 2014. [En línea]. Available: <https://www.reparatucultivador.com/cultivador/>. [Último acceso: 10 Enero 2020].
- [34] M. I. G. Barragán, Apuestas por una agricultura sostenible: Laboreo de conservación, Valladolid: Diputación de Valladolid, 2003.
- [35] Magus S.A., «Magus S.A.,» 27 Febrero 2017. [En línea]. Available: <http://www.magussa.com.mx/node/1306>. [Último acceso: 11 Febrero 2020].
- [36] Mercado libre, «[mercadolibre.com.ec](http://mercadolibre.com.ec),» mercadolibre, [En línea]. Available: <https://listado.mercadolibre.com.ec/industria-agropecuaria/motocultor-agricola>. [Último acceso: 13 Enero 2020].
- [37] Maquinaria Agrícola, «<http://maquinariaagricolaucv.blogspot.com>,» blogspot, 15 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <http://maquinariaagricolaucv.blogspot.com/2016/09/ventajas-y-desventajas-innovacion.html>. [Último acceso: 10 01 2020].
- [38] Ministerio de Agricultura pezca y alimentación , «[mapa.gob.es](http://mapa.gob.es),» Agenda 2030, [En línea]. Available: <https://www.mapa.gob.es/es/atencion-al-ciudadano/ayuda-general.aspx>. [Último acceso: 07 Enero 2020].
- [39] Máquinas y herramientas, «Ventajas y desventajas de un motocultivador,» 30 Junio 2019. [En línea]. Available:


<https://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/ventajas-y-desventajas-de-un-motocultivador>. [Último acceso: 13 Febrero 2020].

- [40] Agarín, «Agarín,» 12 noviembre 2009. [En línea]. Available: [https://www.bcsagricola.com/assets/blog/bcs/prensa/2009\\_11\\_motocultor\\_ES\\_P-LATAM/articulo\\_bcs\\_laboreo\\_n480\\_noviembre09.pdf](https://www.bcsagricola.com/assets/blog/bcs/prensa/2009_11_motocultor_ES_P-LATAM/articulo_bcs_laboreo_n480_noviembre09.pdf). [Último acceso: 6 enero 2020].
- [41] Ferretería García Rodríguez, «Cómo Elegir el Motocultor Según su Uso: Tipos y Características,» 2017.
- [42] L. Consuegra Pacheco, «Módulo de motores a diesel,» Fonseca, 2007.
- [43] J. Ortiz Cavañate , P. Barreiro Elorza, B. Diezma Iglesias, F. García Ramos, J. Gil Sierra, A. Moya Gonzales y C. Ortiz Sanchez, Las máquinas agrícolas y su aplicación, Madrid: Paraninfo S.A, 2012.
- [44] ARM maquinaria ligera, «ARM maquinaria ligera,» [En línea]. Available: <https://www.armaquinaria.com.mx/maquinaria-ligera/motores/motor-a-gasolina-honda-gx270-9-hp/>. [Último acceso: 11 Febrero 2020].
- [45] Granja escuela la ilusión, «El laboreo del suelo,» 12 Enero 2012. [En línea]. Available: <https://granjaescuelalailusion.wordpress.com/2012/01/12/el-laboreo-del-suelo/>. [Último acceso: 12 Febrero 2020].
- [46] Invernaderos MSC, «grupomsc.com,» 24 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://grupomsc.com/blog/medio-ambiente/agricultura-tradicional-agricultura-moderna>. [Último acceso: 10 02 2020].
- [47] J. Chirgwin, «fao.org,» [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/v8180t/v8180T0p.htm>. [Último acceso: 10 Febrero 2020].
- [48] Agriculturers, «Agriculturers,» 2 Enero 2015. [En línea]. Available: <http://agriculturers.com/ventajas-e-inconvenientes-de-la-tecnica-del-no-arado-o-siembra-directa/>. [Último acceso: 13 Febrero 2020].
- [49] R. Mott, Diseño de elementos de máquinas, México: Pearson, 2006.
- [50] H. R. Galbarro, «Ingemecánica,» 16 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html?fbclid=IwAR0El4GfyF68TIZ6GNVquUQyKp2i1P-mdbUqxLkKBBsVESq1AhmqQhUACmY>. [Último acceso: 02 Mayo 2020].
- [51] JORESA, «JORESA,» [En línea]. Available: [https://irp-cdn.multiscreensite.com/81612fc9/files/uploaded/cadena\\_transmision\\_calculo.pdf?fbclid=IwAR1GJgiNT5rjwyWHwuwSTXXOfTz27bTjntqhQV9KVfeQso\\_c\\_3D8DEV9tbYQ](https://irp-cdn.multiscreensite.com/81612fc9/files/uploaded/cadena_transmision_calculo.pdf?fbclid=IwAR1GJgiNT5rjwyWHwuwSTXXOfTz27bTjntqhQV9KVfeQso_c_3D8DEV9tbYQ). [Último acceso: 05 Mayo 2020].


- [52] Songshun Steel Company, «Catálogo de productos de Songshun Steel Company,» 2018. [En línea]. Available: <https://es.steelpurchase.com/4340-sncm439-16563-acero/>. [Último acceso: 16 Julio 2020].
- [53] NTN Corporation, «DOYMA,» 2009. [En línea]. Available: [https://grupodoyma.com/catalogos-web/NTN-CHUMACERAS.pdf?fbclid=IwAR3k\\_jGv3S6T5ySCKDIMFRT2aE6qB6Q-fTv7DUyGVYyEHycdYRsyvDE3Mus](https://grupodoyma.com/catalogos-web/NTN-CHUMACERAS.pdf?fbclid=IwAR3k_jGv3S6T5ySCKDIMFRT2aE6qB6Q-fTv7DUyGVYyEHycdYRsyvDE3Mus). [Último acceso: 17 Junio 2020].
- [54] FAG, Catálogo WL 41 520/3 SE, Barcelona: TECFOTO, S.L., 2000.
- [55] I. A. M. Herrera , «wordpress,» 2012. [En línea]. Available: <https://mecanizacionagricolafca.files.wordpress.com/2012/10/clase-3-1-labranza-primaria.pdf>. [Último acceso: 8 Junio 2020].
- [56] J. A. Diego-Mas, «Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/fuerzas/fuerza-maxima-ayuda.php>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [57] La Cobacha, «La Cobacha,» [En línea]. Available: <https://www.lacobacha.com.ec/producto/llanta-rueda-carretilla-pantanera-neumatica-4-00-8-16/>. [Último acceso: 13 Julio 2020].
- [58] INDURA, «CRYOGAS,» [En línea]. Available: <http://www.cryogas.com.co/Descargar/INDURA%206011%20%E2%80%93%20AWS%20E-6011?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fco%2Fbiblioteca%2Fdb54d3924c364f2c8e2c3377b65f8ba9.pdf>. [Último acceso: 20 Julio 2020].
- [59] Á. Venegas, «Inflación de enero 2020 en Ecuador fue de 0,23%,» *El universo*, 6 Febrero 2020.
- [60] ASHIKO , «92 S.A.,» 2013. [En línea]. Available: [http://92sa.com/catalogos/ASHIKO\\_MOTOAZADAS\\_2013.pdf](http://92sa.com/catalogos/ASHIKO_MOTOAZADAS_2013.pdf). [Último acceso: 04 Junio 2020].

## ANEXOS

### Anexo 1: Prueba de clasificación de suelos que se le realizó a la tierra del territorio de la compañía Alqamari S.A.



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA  
ECUADOR**



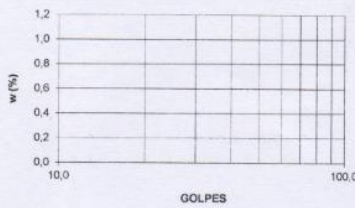
**SALESIANOS  
DON BOSCO**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERÍA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORÁN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

PROYECTO: Motocultor		MUESTRA: 1	
SOLICITA: Sr. Diego Larrea		PROF.: ----	
LOCALIZACIÓN: Joya de los Sachas		NORMA: ASTM D 2487	
FECHA INFORME: 23/01/2020		L.E.M.: 8874	
		Pág. 1/1	

	No. DE GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPS	w %	MEDIA O VALOR
1.- CONT. DE AGUA		78,89 76,41	67,56 65,21	28,07 26,52	28,69 28,95	28,82
2.- LIMITE LIQUIDO						0,00
3.- LIMITE PLASTICO						0,00



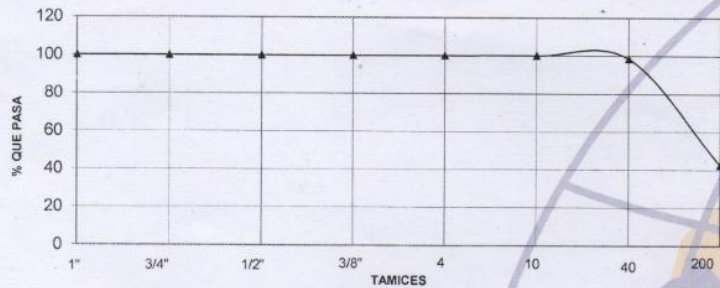
GOLPES

**4.- GRANULOMETRIA**

PESO INIC. 61,6

PESO INICIAL DE CALCULO: 47,8

TAMIZ	PESO RET.	% RET	% PASA
1"	0,0	0	100
3/4"	0,0	0	100
1/2"	0,0	0	100
3/8"	0,0	0	100
No. 4	0,0	0	100
No. 10	0,0	0	100
No. 40	0,7	2	98
No. 200	27,6	58	42



TAMICES

**5.- CLASIFICACION -**

GRAVA	0
ARENA	58
FINOS	42

LL =	0,0
LP =	0,0
IP =	0,0
w% =	29

**SUCS:** SM

Arena limosa con arcillas, color café oscura.

*[Firma]*  
Ing. Magaly Galbor L.  
**ADMINISTRADOR TECNICO DE LABORATORIO**

M.G.  
Ensayado por: F.Y.

**LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / inciviluio@ups.edu.ec



**Anexo 2: Prueba de gravedad específica de suelos que se le realizo a la tierra del territorio de la compañía Alqamari S.A.**



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - INGENIERIA CIVIL  
AV. RUMICHACA Y MORAN VALVERDE TEL. 3962 891, 3962 800 EXT 2317

**GRAVEDAD ESPECÍFICA SUELOS**

PROYECTO: Motocultor  
CLIENTE: Sr. Diego Larrea  
NORMA: ASTM D 854  
FECHA INFORME: 23/01/2020

LOCALIZ: Joya de los Sachas  
MUESTRA: 1  
ABSCISA: -----  
PROF: -----  
L.E.M: 8874

Clasif. Visual		Arena limosa, con raicillas, color café oscura.					
CONTENIDO DE AGUA							
Cáps N°	Masa de la Capsula (g)	Masa. Capsula + muestra humeda (g)	Masa. Caps + muestra Seca (g)	Masa del agua (g)	Masa Seca (g)	% Agua	Prom
318	28,07	78,89	67,56	11,33	39,49	28,69	28,82
79	26,52	76,41	65,21	11,20	38,69	28,95	
GRVEDAD ESPECIFICA							
Masa del pic+agua (g) (Mpic+den(Tt)*Vol cal.)			654,35	Temp (°C)	Masa del Picnómetro (g)		
Masa de sólidos Antes (g) (2)			60,00	18,00	155,36		
Masa del pic+agua+sólidos; Tt (g) (3)			689,00	Gs( )	Gs(20°C) = Gs(Tt)*K		
Coeficiente de temperatura (K) (4)			1,00037	2,36	2,37		
Masa Bandeja (g)			199,77	Masa de sólidos Después del ensayo (g) (2)			
Masa Solidos + Bandeja			259,81	60,0			



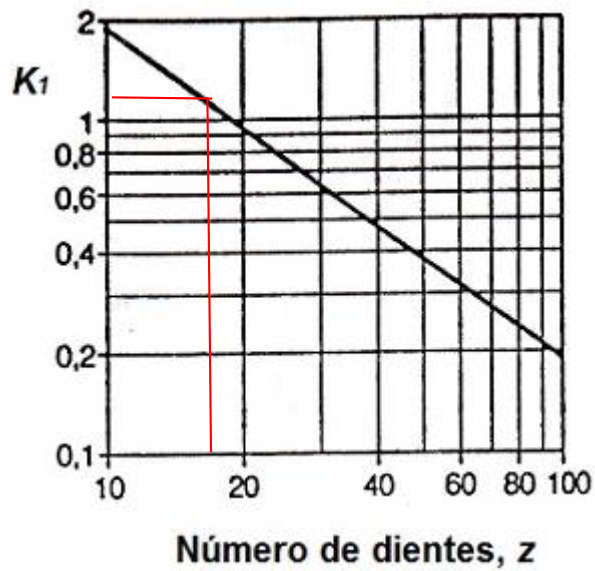
ADMINISTRADOR TÉCNICO DE LABORATORIO

Ensayado por: M.G.  
F.Y./V.T.

**LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

Campus Sur, Av. Rumichaca y Morán Valverde s/n, bloque E (planta baja). Teléfonos: 3962800 / 3962900  
ext: 2317 - 2380. Teléfono directo: 3962 891. Correo electrónico: agaibor@ups.edu.ec / ingciviluio@ups.edu.ec

### Anexo 3: Factores de diseño para la cadena [49]



### Anexo 4: Factores de servicio para transmisión por cadena [49]

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniforme (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7



**Anexo 5: Tabla de capacidades en caballos de fuerza- Cadena simple de rodillos número 40 [49]**

Núm. de dientes	0.500 pulgadas de paso					Velocidad mínima de giro de la catarina, rev/min																		
	10	25	50	100	180	200	300	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2500	3000	3500	4000	5000	6000		
11	0.06	0.14	0.27	0.52	0.91	1.00	1.48	2.42	3.34	4.25	4.70	5.60	6.49	5.57	4.66	3.70	2.85	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77		
12	0.06	0.15	0.29	0.56	0.99	1.09	1.61	2.64	3.64	4.64	5.13	6.11	7.09	6.34	5.31	4.22	3.25	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87		
13	0.07	0.16	0.31	0.61	1.07	1.19	1.75	2.86	3.95	5.02	5.56	6.62	7.68	7.15	5.99	4.76	3.66	2.79	2.21	1.81	1.29	0.99		
14	0.07	0.17	0.34	0.66	1.15	1.28	1.88	3.08	4.25	5.41	5.98	7.13	8.27	7.99	6.70	5.31	4.09	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10		
15	0.08	0.19	0.36	0.70	1.24	1.37	2.02	3.30	4.55	5.80	6.41	7.64	8.86	8.86	7.43	5.89	4.54	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22		
16	0.08	0.20	0.39	0.75	1.32	1.46	2.15	3.52	4.86	6.18	6.84	8.15	9.45	9.76	8.18	6.49	5.00	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34		
17	0.09	0.21	0.41	0.80	1.40	1.55	2.29	3.74	5.16	6.57	7.27	8.66	10.04	10.69	8.96	7.11	5.48	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47		
18	0.09	0.22	0.43	0.84	1.48	1.64	2.42	3.96	5.46	6.95	7.69	9.17	10.63	11.65	9.76	7.75	5.97	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60		
19	0.10	0.24	0.46	0.89	1.57	1.73	2.56	4.18	5.77	7.34	8.12	9.66	11.22	12.64	10.59	8.40	6.47	4.92	3.91	3.20	2.29	0.09		
20	0.10	0.25	0.48	0.94	1.65	1.82	2.69	4.39	6.07	7.73	8.55	10.18	11.81	13.42	11.44	9.07	6.99	5.31	4.22	3.45	2.47	0.00		
21	0.11	0.26	0.51	0.98	1.73	1.91	2.83	4.61	6.37	8.11	8.98	10.69	12.40	14.10	12.30	9.76	7.52	5.72	4.54	3.71	2.65	0.00		
22	0.11	0.27	0.53	1.03	1.81	2.01	2.96	4.83	6.68	8.50	9.40	11.20	12.99	14.77	13.19	10.47	8.06	6.13	4.87	3.98	2.85	0.00		
23	0.12	0.28	0.56	1.08	1.90	2.10	3.10	5.05	6.98	8.89	9.83	11.71	13.58	15.44	14.10	11.19	8.62	6.55	5.20	4.26	3.05	0.00		
24	0.12	0.30	0.58	1.12	1.98	2.19	3.23	5.27	7.28	9.27	10.26	12.22	14.17	16.11	15.03	11.93	9.18	6.99	5.54	4.54	0.87	0.00		
25	0.13	0.31	0.60	1.17	2.06	2.28	3.36	5.49	7.59	9.66	10.69	12.73	14.76	16.78	15.98	12.68	9.76	7.43	5.89	4.82	0.00			
26	0.13	0.32	0.63	1.22	2.14	2.37	3.50	5.71	7.89	10.04	11.11	13.24	15.35	17.45	16.95	13.45	10.36	7.88	6.25	5.12	0.00			
28	0.14	0.35	0.67	1.31	2.31	2.55	3.77	6.15	8.50	10.82	11.97	14.26	16.53	18.79	18.94	15.03	11.57	8.80	6.99	5.72	0.00			
30	0.15	0.37	0.72	1.41	2.47	2.74	4.04	6.59	9.11	11.59	12.82	15.28	17.71	20.14	21.01	16.67	12.84	9.76	7.75	6.34	0.00			
32	0.16	0.40	0.77	1.50	2.64	2.92	4.31	7.03	9.71	12.38	13.68	16.30	18.89	21.48	23.14	18.37	14.14	10.76	8.54	1.41				
35	0.18	0.43	0.84	1.64	2.88	3.19	4.71	7.69	10.62	13.52	14.96	17.82	20.67	23.49	26.30	21.01	16.17	12.30	9.76	0.00				
40	0.21	0.50	0.96	1.87	3.30	3.65	5.38	8.79	12.14	15.45	17.10	20.37	23.62	26.85	30.06	25.67	19.76	15.03	0.00					
45	0.23	0.56	1.08	2.11	3.71	4.10	6.08	9.89	13.66	17.39	19.24	22.92	26.57	30.20	33.82	30.63	23.58	5.53	0.00					
Tipo A					Tipo B					Tipo C														
Tipo A: Lubricación manual o por goteo																								
Tipo B: Lubricación en baño o con disco																								
Tipo C: Lubricación con chorro de aceite																								

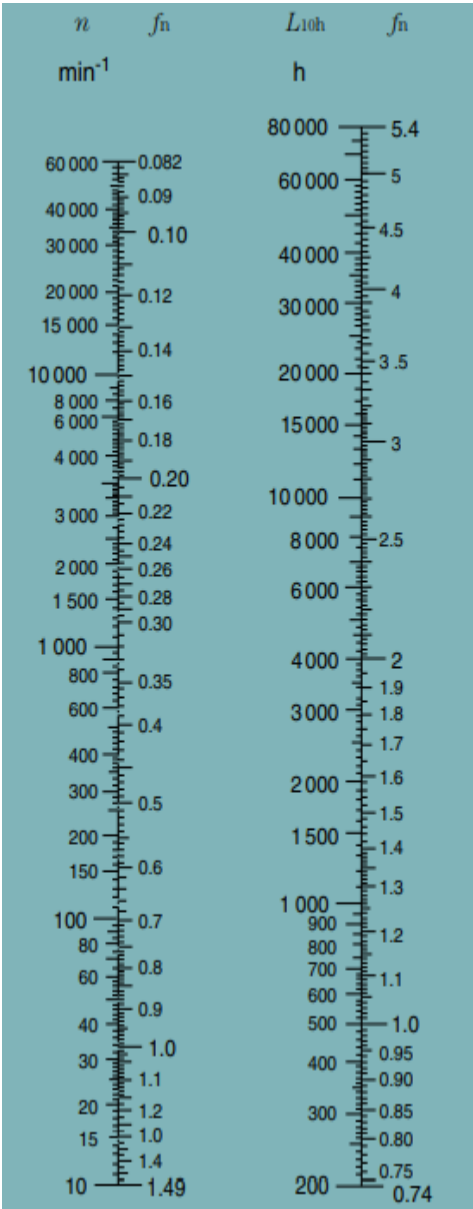
## Anexo 6. Tabla de propiedades de diseño para los aceros al carbono y aleados [49]

Designación del material (Número AISI)	Condición	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)	Dureza Brinell (HB)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)		
4150	Recocido	106	731	55	379	20	197
4150	OQT 1300	127	880	116	800	20	262
4150	OQT 1000	197	1360	181	1250	11	401
4150	OQT 700	247	1700	229	1580	10	495
4150	OQT 400	300	2070	248	1710	10	578
4340	Recocido	108	745	68	469	22	217
4340	OQT 1300	140	965	120	827	23	280
4340	OQT 1000	171	1180	158	1090	16	363
4340	OQT 700	230	1590	206	1420	12	461
4340	OQT 400	283	1950	228	1570	11	555
5140	Recocido	83	572	42	290	29	167
5140	OQT 1300	104	717	83	572	27	207
5140	OQT 1000	145	1000	130	896	18	302
5140	OQT 700	220	1520	200	1380	11	429
5140	OQT 400	276	1900	226	1560	7	534
5150	Recocido	98	676	52	359	22	197
5150	OQT 1300	116	800	102	700	22	241
5150	OQT 1000	160	1100	149	1030	15	321
5150	OQT 700	240	1650	220	1520	10	461
5150	OQT 400	312	2150	250	1720	8	601

**Anexo 7: Factores de confiabilidad aproximados [49]**

Factores de confiabilidad aproximados $C_R$	
Confiabilidad deseada $C_R$	
0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

**Anexo 8: Factores de duración y de velocidad. Catálogo de chumaceras NTN [53]**



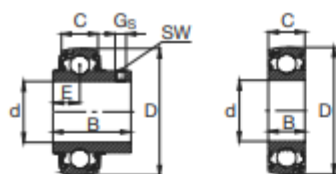
**Anexo 9: Factores de duración para rodamientos de bolas. Catálogo de rodamientos FAG [54]**

▼ Valores  $f_L$  para rodamientos de bolas

$$f_L = \sqrt[3]{\frac{L_h}{500}}$$

$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$
h		h		h		h		h	
100	0,585	420	0,944	1700	1,5	6500	2,35	28000	3,83
110	0,604	440	0,958	1800	1,53	7000	2,41	30000	3,91
120	0,621	460	0,973	1900	1,56	7500	2,47	32000	4
130	0,638	480	0,986	2000	1,59	8000	2,52	34000	4,08
140	0,654	500	1	2200	1,64	8500	2,57	36000	4,16
150	0,669	550	1,03	2400	1,69	9000	2,62	38000	4,24
160	0,684	600	1,06	2600	1,73	9500	2,67	40000	4,31
170	0,698	650	1,09	2800	1,78	10000	2,71	42000	4,38
180	0,711	700	1,12	3000	1,82	11000	2,8	44000	4,45
190	0,724	750	1,14	3200	1,86	12000	2,88	46000	4,51
200	0,737	800	1,17	3400	1,89	13000	2,96	48000	4,58
220	0,761	850	1,19	3600	1,93	14000	3,04	50000	4,64
240	0,783	900	1,22	3800	1,97	15000	3,11	55000	4,79
260	0,804	950	1,24	4000	2	16000	3,17	60000	4,93
280	0,824	1000	1,26	4200	2,03	17000	3,24	65000	5,07
300	0,843	1100	1,3	4400	2,06	18000	3,3	70000	5,19
320	0,862	1200	1,34	4600	2,1	19000	3,36	75000	5,31
340	0,879	1300	1,38	4800	2,13	20000	3,42	80000	5,43
360	0,896	1400	1,41	5000	2,15	22000	3,53	85000	5,54
380	0,913	1500	1,44	5500	2,22	24000	3,63	90000	5,65
400	0,928	1600	1,47	6000	2,29	26000	3,73	100000	5,85

## Anexo 10: Catalogo de rodamiento FAG [54]



562		762...2RSR														
Eje	Dimensiones											Capacidad de carga		Denominación abreviada	Peso	
	d	D	C	B	B <sub>1</sub>	d <sub>1</sub> max	B <sub>2</sub>	E	G <sub>5</sub>	SW			Rodamiento con dispositivo de seguridad FAG			
mm in	mm										kN	estát. C <sub>0</sub>		kg		
1	25,4	52	15	21,5	31	38,1	13,5	7,5	M6x0,75	3	14	7,8	16205.100	0,217		
	25,4	52	17	34,9	44,4	38,1	13,5	17,5	M6x0,75	3	14	7,8	36205.100	0,265		
	25,4	52	17	34,1				14,3	M6x0,75	3	14	7,8	56205.100	0,188		
1 1/16	26,988	62	16	23,8	35,7	44,5	15,9	9	M8x1	4	19,3	11,2	16206.101	0,325		
	26,988	62	19	36,5	48,4	44,5	15,9	18,3	M8x1	4	19,3	11,2	36206.101	0,459		
	26,988	62	19	38,1				15,9	M6x0,75	3	19,3	11,2	56206.101	0,352		
1 1/8	28,575	62	16	23,8	35,7	44,5	15,9	9	M8x1	4	19,3	11,2	16206.102	0,312		
	28,575	62	19	36,5	48,4	44,5	15,9	18,3	M8x1	4	19,3	11,2	36206.102	0,439		
	28,575	62	19	38,1				15,9	M6x0,75	3	19,3	11,2	56206.102	0,331		
30	30	62	16	23,8	35,7	44,5	15,9	9	M8x1	4	19,3	11,2	16206	0,3		
	30	62	19	36,5	48,4	44,5	15,9	18,3	M8x1	4	19,3	11,2	36206	0,42		
	30	62	19	38,1				15,9	M6x0,75	3	19,3	11,2	56206	0,31		
	30	62	16	16							19,3	11,2	76206.2RSR	0,193		
1 3/16	30,163	62	16	23,8	35,7	44,5	15,9	9	M8x1	4	19,3	11,2	16206.103	0,299		
	30,163	62	19	36,5	48,4	44,5	15,9	18,3	M8x1	4	19,3	11,2	36206.103	0,418		
	30,163	62	19	38,1				15,9	M6x0,75	3	19,3	11,2	56206.103	0,308		
1 1/4	31,75	62	16	23,8	35,7	44,5	15,9	9	M8x1	4	19,3	11,2	16206.104	0,284		
	31,75	62	19	36,5	48,4	44,5	15,9	18,3	M8x1	4	19,3	11,2	36206.104	0,396		
	31,75	62	19	38,1				15,9	M6x0,75	3	19,3	11,2	56206.104	0,284		
	31,75	72	17	25,4	38,9	55,6	17,5	9,5	M8x1	4	25,5	15,3	16207.104	0,534		
	31,75	72	20	37,6	51,1	55,6	17,5	18,8	M8x1	4	25,5	15,3	36207.104	0,69		
	31,75	72	20	42,9				17,5	M8x1	4	25,5	15,3	56207.104	0,539		
1 5/16	33,338	72	17	25,4	38,9	55,6	17,5	9,5	M8x1	4	25,5	15,3	16207.105	0,518		
	33,338	72	20	37,6	51,1	55,6	17,5	18,8	M8x1	4	25,5	15,3	36207.105	0,666		
	33,338	72	20	42,9				17,5	M8x1	4	25,5	15,3	56207.105	0,512		

## Anexo 11: Fotografías



Segunda prueba de campo

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo



Correcciones de las pruebas de campo.

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

**Anexo 12:**

## **PLANOS**

## **Anexo 13. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo

Antes de proceder a encender la máquina motocultora, es necesario leer atentamente el presente manual.

### **Operación**

- El operario debe evitar usar ropa que pueda ser fácilmente presa de partes en movimiento. Además, debe contar con un equipo de protección personal, el cual incluye: mascarilla, antiparras, orejeras, zapatos adecuados, los cuales permiten mitigar los efectos creados por el laboreo del suelo como el polvo. Para encender la máquina tomar en cuenta los siguientes pasos:
  1. Inspeccionar los niveles de aceite y combustible con el motor apagado, antes de poner en marcha la máquina.
  2. Asegurarse que la marcha del motor se encuentre en posición de neutro. Tener los pies lejos del rotavator.
  3. Colocar el “choke” en posición de ahogo es decir en posición cerrado (sólo la primera encendida del día).
  4. Mediante el botón, encender la máquina.
  5. Abrir el choque para permitir el paso de aire.
  6. Dejar la máquina en marcha aproximadamente 3 minutos antes del iniciar a laborar.
  7. Acelerar hasta obtener la velocidad deseada (no sobrepasar la segunda marcha del equipo, ya que a altas revoluciones puede ocasionar daños) y empezar a laborar.
  8. Una vez acabado el trabajo, mediante el botón de apagado apagar la máquina.
  9. Cuando la máquina termine sus labores, limpiar de polvo y hierbas.

### **Mantenimiento**

#### **Control**

- Antes de controlar o reparar la máquina apagar el motor.
- Antes de efectuar cualquier intervención en el rotavator apagar el motor

- Verificar que todos los tornillos y tuercas de la máquina estén correctamente apretados.
- Inspeccionar nivel de gasolina, antes de poner en marcha el motor.

### **Limpieza**

- Después del trabajo con la máquina, limpiar cadenas, catarinas, piñones, rodamientos y rotavator, de cualquier tipo de hierba y partículas rocosas.
- Nunca repostar ni sacar el tapón con el motor caliente.
- Si durante el uso de la máquina se vierte gasolina fuera, limpiar perfectamente antes de poner en marcha la máquina.

### **Lubricación**

- Lubricar chumaceras, cadenas, catarinas, piñones y motor en el periodo indicado.

### **Recomendaciones Generales de Mantenimiento y Operación**

- No operar con el motor al máximo régimen de revoluciones.
- No consentir que niños utilicen la máquina.
- Evitar el uso de la máquina cerca de otras personas o de animales.
- Utilizar la máquina siempre en lugares con buena iluminación
- Evitar utilizar la máquina más de 8 h al día.
- Se recomienda cambiar las cadenas de la máquina cada 2 años. Asimismo, cada 460 h de trabajo remplazar rodamientos.
- Es preferible no trabajar en pendientes mayores a 30°, es decir, ni en ascensos ni descensos, trabajar siempre transversalmente a esa dirección, donde exista poca pendiente.
- Si la máquina vibra de manera extraña buscar inmediatamente la causa.
- No fumar durante la operación





PARTES	FRECUENCIA				
	CADA UTILIZACIÓN	MENSUALMENTE	TRIMESTRAMENTE	CADA 6 MESES	ANUAL
Rotavator	Revisar que no exista desgaste		Verificar que todos los tornillos y tuercas del rotavator estén bien apretadas.	Comprobar el correcto funcionamiento	
Piñones y Catarinas	Limpiar		Lubricar		Revisar desgaste y ajuste
Ejes		Lubricar (grasa)		Lubricar (grasa)	Revisar si existe desgaste
Cadenas	Verificar que estén en una correcta posición	Confirmar la tensión necesaria para el funcionamiento	Lubricar mediante baño		Revisar si existe algún tipo de falla o daño
Chumaceras	Limpiar	Lubricar			Revisar si existe algún tipo de falla o daño
Ruedas	Verificar la presión de aire				Revisar si existe algún tipo de falla o daño
Motor	Inspeccionar los niveles de aceite y combustible			Cambiar aceite de aceite y limpiar la bujía	Sustituir la bujía
Batería				Controlar su funcionamiento	
Filtro de Aire	Controlar su funcionamiento	Limpiar			Sustituir

Elaborado por: Diego Larrea & Cristina Toledo